

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許出願公告番号

特公平6-48846

(24)(44)公告日 平成6年(1994)6月22日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H04N 1/04	104 A	7251-5C		
B41J 2/44				
G02B 26/10		C		
G03G 15/04	116	9122-2H		
		7339-2C	B41J 3/00	D

請求項の数1(全15頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平3-84660

(22)出願日 平成3年(1991)3月25日

(65)公開番号 特開平5-176128

(43)公開日 平成5年(1993)7月13日

(71)出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂三丁目3番5号

(72)発明者 太田 猛史

神奈川県海老名市本郷2274番地富士ゼロッ

クス株式会社 海老名事業所内

(72)発明者 伊藤 昌夫

神奈川県海老名市本郷2274番地富士ゼロッ

クス株式会社 海老名事業所内

(74)代理人 弁理士 小田 富士雄 (外1名)

審査官 東 次男

(54)【発明の名称】 記録装置

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】互いに独立に駆動可能なn個の発光源を有する光源部と、この光源部からの複数の光束を感光媒体面に結像する光学系と、前記光源部からの複数の光束を所定方向に偏向する偏向器とを有し、この偏向器により偏向される複数の光束で前記感光媒体面を同時に走査する記録装置において、前記光源部は、n個の発光源がrなる間隔で前記偏向方向と概ね垂直方向になるよう配列され、前記結像光学系の発光源の配列方向の横倍率をβとし、nがn≥3の整数で、lがnと互いに素で、 $2 \leq l \leq n-1$ の範囲の整数で、感光媒体面での隣り合った走査ラインの間隔pが

$$p = (\beta \cdot r) / l$$

であることを特徴とする記録装置。

【発明の詳細な説明】

2

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、デジタル複写機、レーザービームプリンター等の、光ビームで画像の書き込みを行う記録装置に関し、特にマルチビーム半導体レーザーアレイのような複数の発光源を有する光源部を用い、被走査面を同時に複数の光ビームで走査して情報を記録する記録装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば、レーザービームプリンターにおいては、半導体レーザーからのレーザービームがポリゴンスキャナーと呼ばれる回転多面鏡に照射され、回転多面鏡からの反射ビームが一定速度で移動する帯電された感光体の表面に照射される。回転多面鏡の回転によりレーザービームは感光体の移動方向と垂直な方向に走査される。レーザービームは出力すべき画像に応じて変調さ

3

れるので、感光体上には静電潜像が形成され、この静電潜像が現像されて可視のトナー像となる。このようなレーザービームプリンターにおいては、出力画像の精細度を高めるためには走査線の間隔を狭くする必要がある。また高速で画像を出力するためには走査速度を高める必要がある。このレーザービームプリンターの高精細化、高速化において最も問題となるのはポリゴンスキャナーの回転速度に限界があることである。

【0003】この問題を解決するために複数のレーザービームによって被走査面を一度に走査するマルチビーム10 スキャン方式が提案されている。このマルチビームスキャン方式にあつては当然のことながら、複数のレーザービームスポットをポリゴンスキャナーによる走査方向（以下、主走査方向と呼ぶ）と垂直な方向（以下、副走査方向と呼ぶ）に充分近接させなくてはならない。このために、複数の半導体レーザーを近接させて製造する努力がなされており、現在10 $\mu$ m間隔まで近接させた半導体レーザーアレイが試作されている（たとえば特開平2-39583号公報、R. L. Thornton et al., "Properties of closely spaced independently addressable lasers fabricated by impurity-induced disordering", Appl. Phys. Lett. 56(17), 1623-1625(1990)等参照）。

【0004】しかしながら、上記公報等に表示されている技術を使い、複数の半導体レーザーを10 $\mu$ mまで近接させたとしても副走査方向に隙間なく走査するにはまだ不足である。これを補うための手段として飛び越し走査30 によって、副走査方向の隙間を埋めていく方法が考案されている（特開昭56-110960号公報参照）。また、10 $\mu$ m間隔の半導体レーザーアレイを用いて飛び越し走査によって、副走査方向の隙間を埋めていくマルチビーム走査光学系が考案され、本出願人より特願平2-44435号として出願されている。

【0005】飛び越し走査の一例を図6に示す。この例では、2本のレーザービーム $L_1$ ,  $L_2$ によって飛び越し走査を行っている。図6において、 $d_x$ は電子写真的に定義されるレーザースポット径である（以下、電子写真40 的スポット径と呼ぶ）。電子写真的スポット径とは、被走査面A上のレーザースポットの径そのものではなく、帯電された感光体である被走査面A上にレーザー露光により形成された静電潜像が現像されたときに現れるスポットの径を意味する。2本のレーザービーム $L_1$ ,  $L_2$ によって被走査面A上に結像する2つのスポット $E$ ,  $B_2$ の中心の間隔 $r_3$ は3 $d_x$ である。1回の主走査毎に2 $d_x$ だけ副走査が行われるので、図6中に示されるように1回目の走査でレーザービーム $L_2$ によって第2走査ラインが走査され、2回目の走査でレーザービーム $L_1$ に

4

よって第1走査ライン、レーザービーム $L_1$ によって第4走査ラインが走査されるというように以下順次隙間なく走査されていくことになる。すなわち、各回の走査では隙間が生じるのであるが、ある回で走査した走査ラインを次の走査では飛び越して走査していくことにより、全体としては隙間なく走査される。

【0006】飛び越し走査において重複走査や、走査されない部分が生じないためには次の3条件を満たす必要がある。

- 1) 1回の主走査につきレーザービーム数 $n$ に対して $n d_x$ だけ副走査されなくてはならない。
- 2) 2つのレーザービームの被走査面上における間隔 $r_3$ は電子写真的スポット径の整数倍でなくてはならない。
- 3) ある回の主走査で走査された走査ラインは他の回の主走査で走査されてはいけない。

この3条件の内第3番目の条件が成り立つには、レーザービーム光源の数を $n$ 個、レーザービーム光源の間隔 $r$ 、結像光学系の副走査方向の横倍率を $\beta$ 、走査ピッチ $p$ とした時に次式を満たせば良いことが知られている（特開昭56-110960号公報）。

$$p = \beta \cdot r / (mn + 1) \quad \text{.....式(1)}$$

ただし、 $m$ は $m \geq 0$ の整数である。式(1)において、 $m=0$ の場合は飛び越し走査ではなく、隣接するスポットが副走査方向に密に並んでいる状態である。なお、特開昭56-110960号公報においては式(1)の $n$ に対応する文字として $M$ 、 $r$ に対応する文字として $b$ がそれぞれ用いられている。なお、走査ラインの最小間隔を走査ピッチと呼び図6では $p$ で表している。1つのレーザービームの走査で被走査面を隙間なく走査するためには、ピッチは電子写真的レーザービームスポット径に等しく一般的には $p = d_x$ である。被走査面上のマルチビームレーザーのスポット間隔 $\beta \cdot r$ は $\beta \cdot r = I \cdot p$ で表され、この $I$ （正の整数）を走査次数と呼ぶ。

【0007】レーザービームのスポット径は一般には光の振幅がスポット中心の $1/e$ （パワーでは $1/e^2$ ）となる直径で定義される（このように定義されるスポット径を以下光学的スポット径と呼び $d_o$ で表す）。図7は光学的スポット径と電子写真スポット径の関係を示す図である。なお、図7においては、レーザービーム光の主線上の光強度を1に規格化している。光学的スポット径 $d_o$ と電子写真的スポット径 $d_x$ との比をスポット径補正係数と呼び、 $k$ で表し次式のように定義する。

$$k = d_o / d_x$$

$k$ の値は用いる電子写真のプロセスによって異なる。光の当たった部分にトナーを付着させる反転現像のプロセスでは、 $1.4 \leq k \leq 1.6$ が望ましく、光の当たらない部分にトナーを付着させる正転現像のプロセスでは、 $1.5 \leq k \leq 1.8$ が望ましいことが知られている（田中：”レーザーゼログラフイーにおける階調再現の検討

5

“、第6回色彩工学コンファレンス、P77-P80 (1989) 参照)。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前述の飛び越し走査によれば被走査面上において、結像スポット間隔をいくら広くとったとしても、適切な前記整数 $m$ を選べば良いように思われる。しかしながら、実際には結像スポット間隔を広く取った場合、走査装置に要求される機械的精度が著しく高精度になるという問題があった。以下その理由を説明する。

【0009】図9に示すようにひとつのスポットBで被走査面上を走査している場合において走査面上のピッチ $p$ はある誤差 $\Delta p$ 内になくなくてはならないとすると、副走査方向の速度の許容誤差率 $\delta_0$ は次式で表されることになる。

$$\delta_0 = \Delta v / v = \Delta p / p$$

ただし、 $v$ は副走査の速度、 $\Delta v$ は副走査の速度誤差である。図10に示すような $n=4$ 、前記整数 $m=1$ の場合の許容誤差率は $\delta_{4,1} = \Delta p / 16p = \delta_0 / 16$ となり、図9の場合に比べて一桁以上高い精度が要求されることになる。この傾向は光源の数 $n$ 及び、前記整数 $m$ の増加に伴い顕著になる。以上、副走査方向の速度の許容誤差について述べたが、このことは副走査の速度誤差のみならず、光学系の横倍率の精度、光源の間隔の寸法精度についても同様の問題が発生する。

【0010】これらの問題を解決するためには可能な範囲でなるべく結像スポット間隔を狭くすることが望ましいことは明らかである。前述の(1)式においては、 $m=0$ の場合が最も結像スポット間隔が小さいのであるが、前述のように $m=0$ の時は飛び越し走査ではない。したがって、前述の(1)式において $m=1$ の時の実質的に結像スポット間隔が最少となり、その時の被走査面上の隣接する結像スポットの間隔 $\beta \cdot r$ は $(n+1)p$ となり、光源の数 $n$ の増加に比例して増加する。以上のことから、光源の数 $n$ 、前記整数 $m$ の場合に必要な許容誤差率 $\delta_{n,m}$ は次式のような関係を有することが計算される。

$$\delta_{n,m} = \delta_{n,1} = \delta_0 / n^2 \dots \dots \dots \text{式(2)}$$

これは、図8に模式的に示すように $m=1$ の時は個々の結像スポットの間隔が $(n+1)p$ となるため、最も離れた結像スポットの間隔が $(n^2-1) \cdot p$ となり、1回目而走査された最後尾スポットBと $n$ 回目而走査された先頭スポットCとが隣接するからである。

【0011】また、結像スポット間隔を広くし、その間を隙間なく埋めるためにビームで複数回の走査を行うためには飛び越す走査線の数が増えるほど飛び越し走査を電氣的に制御するのに必要な高速のメモリー量が増えるという問題もあった。本発明は、前記問題点を解決するために案出されたものであって、結像スポット間隔を小さくし、走査光学系に要求される精度を緩和し、従来よ

6

り簡単な走査光学で同等以上の飛び越し走査が可能な記録装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は前記目的を達成するために、互いに独立に駆動が可能な $n$ 個の発光源を有する光源部と、該光源部からの光束を感光媒体面に結像する光学系と、前記光源部からの複数の光束を所定方向に偏向する偏向器とを有し、前記感光媒体面を複数の光束で同時に走査する記録装置において、前記光源部は $n$ 個の発光源が $r$ なる間隔で副走査方向に配列され、前記結像光学系の横倍率を $\beta$ とし、 $n$ が $n \geq 3$ の整数で、走査次数 $I$ が $n$ と互いに素で、 $2 \leq I \leq n-1$ の範囲の整数とした場合に、感光媒体面での隣り合った走査線の間隔 $p$ が、

$$p = (\beta \cdot r) / I$$

であることを特徴とする。特に前記発光源の数 $n$ が奇数の場合は走査次数 $I$ が2のときには、スポットの数 $n$ によらずスポット間隔を等しくすることができ、製造が容易にできるという効果がある。また、特に前記発光源の数 $n$ が偶数の場合には走査次数 $I$ が前記発光源の数 $n$ と互いに素である最小の自然数であれば効果がある。例えば、発光源の数 $n$ が4の場合は $I$ は3、発光源の数 $n$ が6の時は $I$ は5であれば効果がある。

【0013】

【作用】被走査面上の隣接する結像スポットの間隔 $\beta \cdot r$ を走査ピッチ $p$ で除したものを走査次数 $I$ と定義すると、光源の数 $n$ とこの走査次数 $I$ とが互いに素、すなわち、 $I$ と $n$ の最大公約数が1であるならば飛び越し走査が可能であり、式(1)で表されるよりも小さい光源の間隔 $r$ においても飛び越し走査が成り立ち得る。 $I$ の定義を式(3)に示す。

$$I = (\beta \cdot r) / p \dots \dots \dots \text{式(3)}$$

この定義に基づいて式(3)を書き直すと式(4)となり、この場合に飛び越し走査が可能である。

$$\beta \cdot r = I \cdot p \dots \dots \dots \text{式(4)}$$

(但し $I$ は $n$ と互いに素な整数) 式(4)と式(1)を比較し、各々の条件での飛び越し走査可能な場合の特性を比較する。

【0014】例えば、光源の数 $n$ が4個の場合、式

(1)を満たす最小のスポット間隔 $\beta \cdot r$ は $\beta \cdot r = (mn+1)p$ であるから、 $\beta \cdot r = 5p$ である。それに対して式(4)の場合 $n=4$ に対して互いに素である最小の $I$ は3である。したがって、 $\beta \cdot r = 3p$ となる。さらに光源の数 $n$ が5個の場合は、式(1)を満たす最小の $\beta \cdot r$ は $\beta \cdot r = 6p$ であるのに対し、 $n=5$ に対して互いに素である最小の $I$ は2であるから $\beta \cdot r = 2p$ となり、式(4)の場合は式(1)の場合に対し被走査面上の結像スポット間隔 $\beta \cdot r$ を $(1/3)$ にすることができる。

【0015】本発明の構成の記録装置によれば発光源の

7

数  $n$  が 3 個以上の場合において、走査次数  $I$  を  $n$  より小さい値とすることができる。このため、副走査方向に必要な位置あるいは速度精度が低くてすむ。本発明の構成によれば光源の数が  $n$  で、操作次数が  $I$  の場合に必要な副走査方向の位置あるいは速度の許容誤差率  $\gamma_{n,I}$  は次式で表される。

$$\gamma_{n,I} \geq \delta_0 / I \cdot (n-1)$$

ここで、 $I \leq n-1$  であるから、 $\gamma_{n,I}$  は結局次式で表される。

$$\gamma_{n,I} \geq \delta_0 / (n-1)^2 \dots \dots \dots \text{式 (6)}$$

光源の数  $n$  が等しい場合に従来の方法の許容誤差である式 (2) と本発明の許容誤差式 (6) とを比較すると、 $\delta_0 / (n-1)^2 \geq \delta_0 / n^2$  が常に成り立つので、 $\gamma_{n,I} \geq \delta_{n,I}$  が常に成り立つことになる。したがって、本出願の構成を用いれば従来例より必ず副走査方向に必要な位置あるいは速度精度が低くてすむことになる。また、飛び越し走査を制御するのに必要な高速のメモリーの量が少なくなる。

【0016】特に発光源の数  $n$  を 3 以上の奇数とすることにより、走査次数  $I = 2$  という理論的に考え得る最低次の飛び越し走査を実現することができる。このため、副走査方向に必要な位置あるいは速度精度は本発明の中でも特に低くなる。例えば、図 12 に示すように光源の

8

数  $n = 5$  で走査次数  $I = 3$  の場合には  $\gamma_{5,3} = \delta_0 / 10$  であるのに対し  $I = 2$  の場合には  $\gamma_{5,2} = \delta_0 / 5$  であり、必要な機械的精度は半分で良い。図 13 と図 14 を比較すればわかるように  $I = 2$  の時に必要な機械的精度は飛び越し走査を用いない場合と同じで良い。さらに飛び越し走査を制御するのに必要な高速のメモリーの量も本発明中でも特に少なくすむ。また、発光源の数  $n$  によらず、光源の間隔は一定になる。

【0017】また発光源の数  $n$  を 4 以上の偶数とし、かつ走査次数  $I$  を発光源の数  $n$  と互いに素となる最小の自然数とすることにより、発光源の数が偶数の時に理論的に考え得る最低次の飛び越し走査を実現することができる。このため、副走査方向に必要な位置あるいは速度精度は特に低くてすむ。また、飛び越し走査を制御するのに必要な高速のメモリーの量も少なくすむ。副走査方向の位置あるいは速度誤差について本発明に基づく場合と従来例（特開昭 56-110960 号公報参照）との比較を光源の数が 3 から 8 の範囲の場合について表 1 に示す。また、飛び越し走査の可能な光源（レーザービーム）の数  $n$  と走査次数  $I$  の組合せをグラフにしたものを図 15 に示す。

【表 1】

表1 本発明と従来例の副走査方向の許容速度誤差の比較表

本発明			従来例(m=1)	
n	I	$\gamma_{n,I}/\delta_0$	$\frac{n+1}{\beta \cdot r/p}$	$\delta_{n,m}/\delta_0$
3	2	1/3	4	1/9
4	3	1/8	5	1/16
5	2	1/5	6	1/25
	3	1/10		
	4	1/15		
6	5	1/20	7	1/36
7	2	1/7	8	1/49
	3	1/14		
	4	1/21		
	5	1/21		
	6	1/35		
8	3	1/16	9	1/64
	5	1/24		
	7	1/48		

n:光源の数

I:走査次数

 $\delta_0$ :単一光源の場合の許容速度誤差率 $\gamma_{n,I}$ :本発明の場合の許容速度誤差率 $\delta_{n,m}$ :従来例の場合の許容速度誤差率 $\beta \cdot r$ :従来例の場合の被走査面上のスポット間隔

## 【0018】

【実施例】以下、図面に基づいて本発明の一実施例を説明する。解像度800spi (spot/inch) のレーザービームプリンターをマルチビーム半導体レーザーアレイを用いて実現する例を光学系の設計例を中心に説明する。図2は本発明の一実施例を模式的に示した図である。マルチビーム半導体レーザーアレイ1より出射した3本のレーザービーム光はコリメーター2、シリンDRICALレンズ3を経てポリゴンスキャナー4によって偏向され、感光体上を走査される。この偏向されたレーザービーム光はシリンDRICALレンズ5及び結像(f- $\theta$ )レンズを経て感光体7上に結像する。感光体7は矢印8方向に回転する。この感光体7の矢印8方向への回転による移動を副走査という。シリンDRICALレンズ3及び5はポリゴンスキャナー4の面倒れ補正のためのもので、いわゆるアナモフィック光学系を形成している。感光体7上に描き込まれた光学像は電子写真のプロセスによって現像され可視化される(図示せず)。

【0019】図3は偏向面に垂直でかつ光軸を含む面で見たと図1の光学系の部分を展開した図である。また、図4は図1及び図3に示したマルチビーム半導体レーザーアレイ1の構成斜視図である。用いた半導体レーザーア

レイの接合面に平行な方向のレーザービーム光の拡がり角 $\theta_1$ は12°である。なお、拡がり角の定義は図11に示すようにパワーが光軸上のパワーの1/eになる角度である。半導体レーザーの拡がり角はパワーが光軸の1/2となる全角半値幅(FWHM)で表すことも多いので区別を要する。また、半導体レーザーの発光波長 $\lambda=0.78\mu\text{m}$ である。被走査面におけるレーザービーム光の結像スポットの副走査方向の直径 $d$ は結像光学系に入射するレーザービーム光の副走査方向の光束径をD、結像光学系の副走査方向の焦点距離を $f_2$ 、円周率を $\pi$ とすると次式で表される。

$$d_0 = 4 f_2 \lambda / \pi D$$

結像光学系に入射するレーザービーム光の副走査方向の光束径はコリメーターの焦点距離を $f_1$ とすると次式で表される。

$$D = 2 f_1 \sin (\theta_1 / 2)$$

【0020】したがって、結像光学系の副走査方向の横倍率 $\beta$ を $\beta = f_2 / f_1$ とすると、被走査面におけるレーザービーム光の結像スポットの副走査方向の直径 $d$ は結局次式で表されることになる(図5参照)。

$$d_0 = 2 \lambda \beta / \pi \sin (\theta_1 / 2)$$

これは前述の光学的スポット径であり、最終的に画像と



11

して形成されるのはこの径とは異なる。電子写真のプロセスによって最終的に画像として形成される副走査方向の径、すなわち、電子写真的スポット径 $d_s$ は $d_o$ を $k$ で除したものであるから、次式のようになる。

$$d_s = d_o / k = 2 \lambda \beta / \pi k \sin(\theta_i / 2)$$

マルチビーム半導体レーザーアレイ1の隣接する半導体レーザー素子の間隔が $r$ であるので、被走査面上の隣接する結像スポットの間隔 $r_i$ は次式で表される。

$$r_i = \beta r$$

この $r_i$ を $d_s$ で除した値が走査次数 $I$ にならなければならないから、 $I = r_i / d_s$ である。

【0021】以上より、マルチビーム半導体レーザーアレイ1の隣接する半導体レーザー素子の間隔 $r$ は次式で表される。

$$r = 2 \lambda I / \pi k \sin(\theta_i / 2) \quad \cdots \cdots \text{式 (7)}$$

この式(7)に基づいて $r$ の値を $\lambda = 0.78 \mu\text{m}$ ,  $\theta_i = 12^\circ$ ,  $I = 2$ とすると、 $r = 7.0 \mu\text{m}$ と計算される。この値はビームの数が奇数であればビームの数によらずに一定でよいことは既に述べた。したがって、 $n = 5$ でも、 $n = 7$ でも $r = 7.0 \mu\text{m}$ となる。これは半導体レーザーアレイの製造プロセスの共通化ができることを意味する。1インチ当たり800本のスポットの解像度(800 s p i)のレーザービームプリンターを作るためには $d_s$ が $25.4 \text{ mm} / 800 = 31.75 \mu\text{m}$ でなくてはならない。したがって走査次数 $I = 2$ の時は $r_i = 63.5 \mu\text{m}$ となり、これから逆に光学系の横倍率 $\beta = 9.1$ が計算される。

【0022】以上の実施例は電子写真のプロセスに基づくものであるが、本発明は電子写真以外のプロセスを用いた記録装置に対しても適用できることは言うまでもない。すなわち、電子写真用感光体の代わりに通常の感光フィルムを走査する記録装置、あるいは、レーザービーム光の熱効果を利用して描画を行う感熱記録、光磁気記録等にも適用可能である。ただし、これらの場合は前述の式(7)の $k$ の最適値は電子写真プロセスを用いた場合と必ずしも一致するとは限らないので、用いる記録プロセスに応じてレーザービーム光源の間隔は別途実験的に定める必要がある。また、以上の説明において、感光体の全面を隙間なく露光するためには、電子写真的スポット径を $d_s$ をピッチ $p$ と等しくする必要があり、 $d_s = p$ と等しくする必要があるとして説明した。しかしながら、本発明は、走査線ピッチを $p$ とする走査線を、走査開始部と走査終了部を除き、もれなく走査することのできる記録装置を提供するものであり、全面を隙間なく露光しなくても、飛び越し走査により走査開始部と走査終了部を除き、全ての走査線をもれなく走査する場合にも適用できることは言うまでもない。

【0023】

【発明の効果】前述の本発明の記録装置によれば、飛び越し走査によってマルチビームスキャンを行う場合に、

12

従来技術において必要となる副走査の機械的精度、光学系の倍率の精度、もしくは使用するマルチビーム半導体レーザーアレイの寸法精度を必要とせず、容易に高解像度および高速記録が可能になる。また、飛び越し走査の制御に必要な高速のメモリーも少なくても良い。さらに、レーザービームの数を奇数とした時は半導体レーザーの製造プロセスを共通化することができる。

【0024】

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の記録装置におけるビームスポットの間隔( $\beta \cdot r$ )、スポットの数( $n$ )、走査次数( $I$ )を模式的に示す図である。

【図2】図2は本発明に係わる装置の一実施例の概略の構成を示す斜視図である。

【図3】図3は図1の光学系を偏向面に垂直でかつ光軸を含む面を見た場合を展開した図である。

【図4】図4は図2および図3に示したマルチビーム半導体レーザーアレイの構成斜視図である。

【図5】図5はレーザービームの結像光学系を模式的に示した図である。

【図6】図6は飛び越し走査の原理を示す図で、被走査面上のレーザー光の結像スポットと走査ラインの関係を示す図である。

【図7】図7はレーザー光の結像スポットのスポットの中心からの距離と光振幅の関係を示す図である。

【図8】図8は従来技術による飛び越し走査におけるスポットの位置関係を示す図である。

【図9】図9は単一ビームで走査した場合のスポットの位置誤差を示す図である。

【図10】図10は半導体レーザー素子数 $n$ が $n = 4$ で、走査次数 $I$ が $I = 5$ の時のスポットの位置誤差を示す図である。

【図11】図11は半導体レーザーから出射するレーザー光振幅の放射角依存性を示す図である。

【図12】図12は半導体レーザー素子数 $n = 5$ 、走査次数 $I = 3$ の場合に必要な副走査方向の位置あるいは速度誤差の関係を示す図である。

【図13】図13は半導体レーザー素子数 $n = 5$ 、走査次数 $I = 2$ の場合に必要な副走査方向の位置あるいは速度誤差の関係を示す図である。

【図14】図14は半導体レーザー素子数 $n = 5$ 、走査次数 $I = 1$ の場合に必要な副走査方向の位置あるいは速度誤差の関係を示す図である。

【図15】図15は飛び越し走査が可能な光源(レーザービーム)の数 $n$ と走査次数 $I$ の組合せを示すグラフである。

【0025】

【符号の説明】

1…マルチビーム半導体レーザーアレイ、2…コリメーターレンズ、3…シリンドリカルレンズ、4…ポリゴン

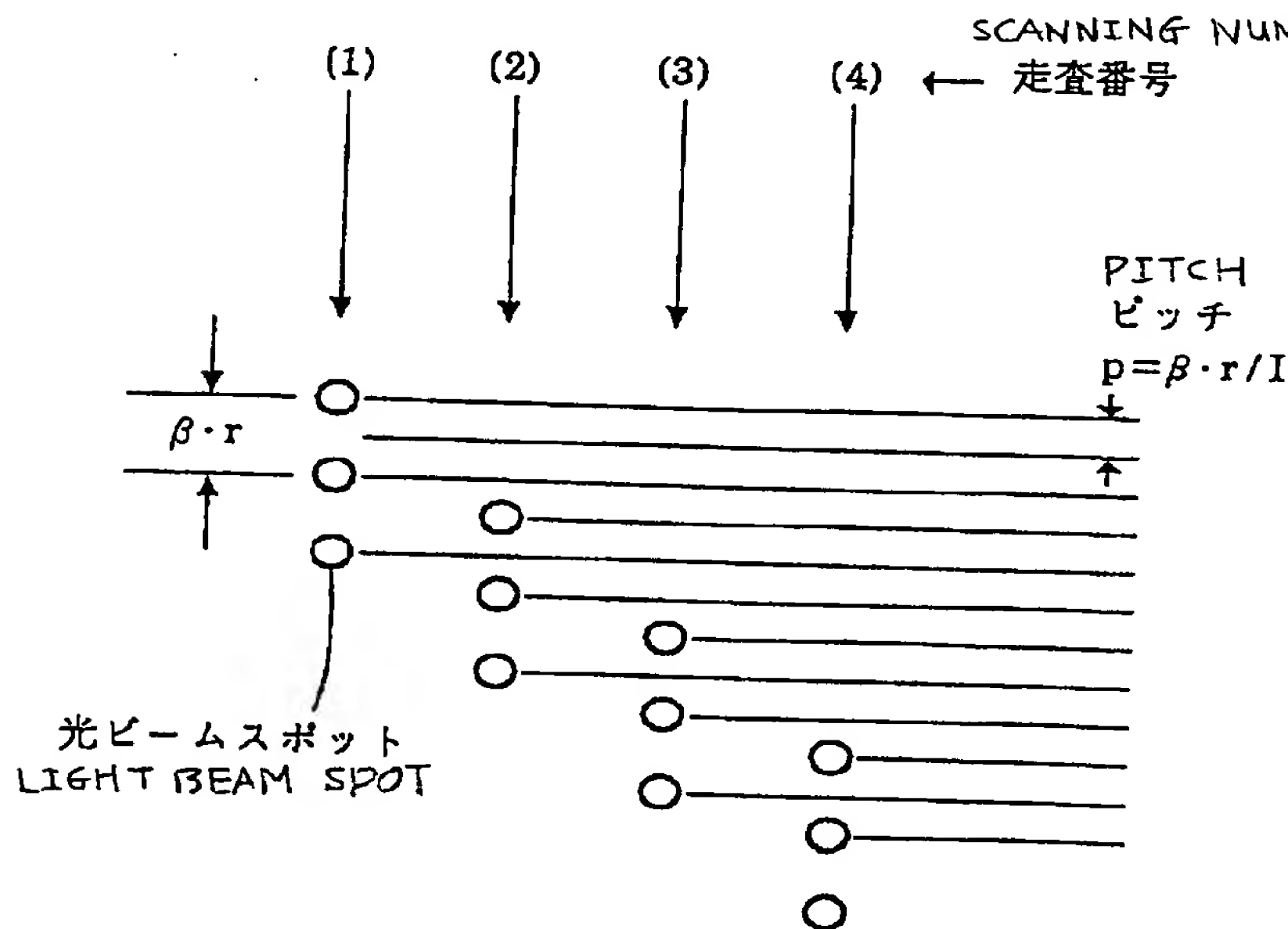
13

スキャナー、5…シリンドリカルレンズ、6…結像 ( $f-\theta$ ) レンズ、7…感光体、8…ポリゴンスキャナーの反射面、10…GaAs基板、11a~c…ボンディングパッド、12…ボンディングワイヤー (Au)、13… $\text{Al}_2\text{O}_3$   $1/2\lambda$  コーティング、14…( $\text{Al}_2\text{O}_3$   $1/4\lambda + \text{Si}$   $1/4\lambda$ ) 3周期コーティング、15…半導体レーザー素子、16…レーザービーム光、1…走査ライン1、12…走査ライン2、13…走査ライン3、 $\theta_1$ …半導体レーザー素子から出射するレーザー光の接合面に平行な方向の拡がり角、 $\theta_2$ …半導体レーザー素子からレーザー光の接合面に垂直な方向の拡がり角、 $L_1$ …レーザー光1、 $L_2$ …レーザー光2、 $p$ …走査ピッチ、 $\Delta p$ …走査ピッチの位置誤差、FWHM…レー

14

ザー光の拡がり角の全角半値幅、 $r$ …半導体レーザー素子の間隔、 $n$ …半導体レーザー素子の数及び対応するレーザービーム光の数、 $I$ …走査次数、 $f_1$ …光学系の光源側の焦点距離、 $f_2$ …光学系の結像面側の焦点距離、 $\beta$ …光学系の横倍率、 $\lambda$ …半導体レーザー素子の発光波長、 $d_r$ …電子写真的スポット径、 $d_o$ …光学的スポット径、 $\delta o$ …単一ビームの時に必要な副走査方向の位置あるいは速度誤差率、 $\delta n$ 、 $m$ …従来技術において半導体レーザー素子  $n$  個整数  $m$  の時に必要な副走査方向の位置あるいは速度誤差率、 $\gamma_{n,I}$ …本発明に基づく場合の半導体レーザー素子  $n$  個走査次数  $I$  の時に必要な副走査方向の位置あるいは速度誤差率。

【図1】  
[FIG. 1]



NUMBER OF SPOTS: (INTEGER  $3 \leq n$ )  
 スポットの数:  $n$  ( $3 \leq n$  の整数)  
 $I$  と  $n$  は互いに素  
 $2 \leq I \leq n-1$   
 $I$  AND  $n$  ARE PRIME WITH EACH OTHER  
 $2 \leq I \leq n-1$

図 1

【図12】  
[FIG. 12]

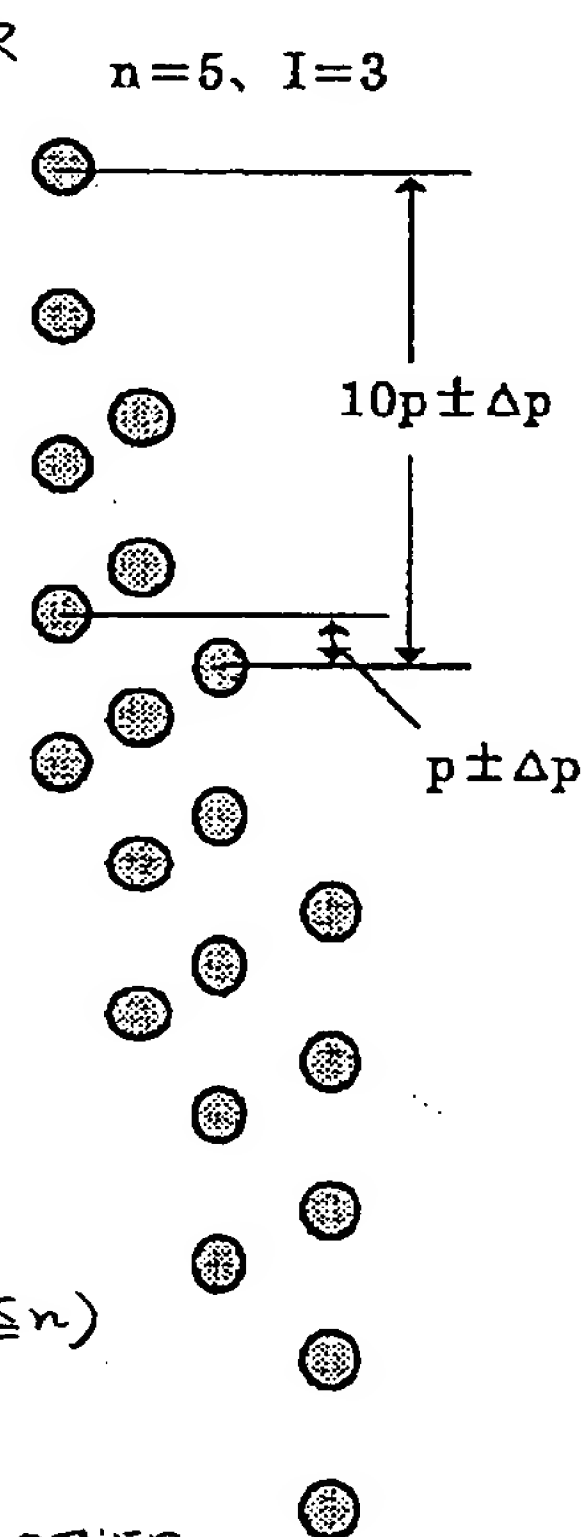


図 1 2

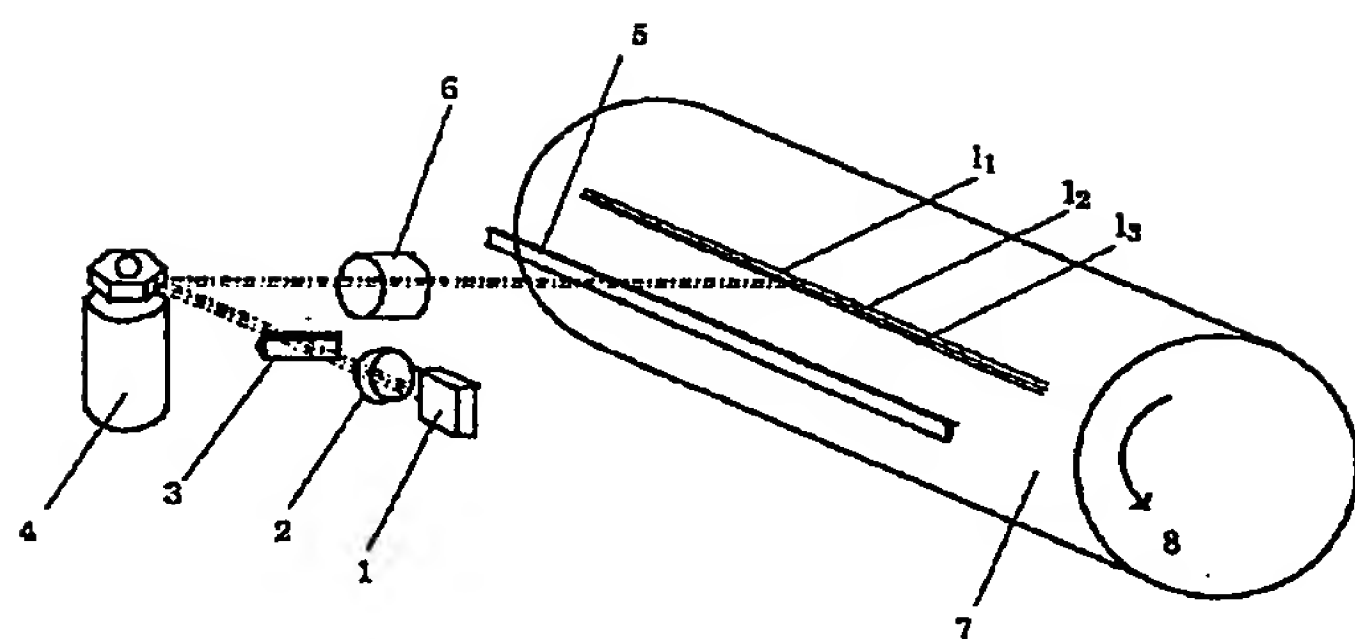
[FIG. 2]  
【図2】

図 2

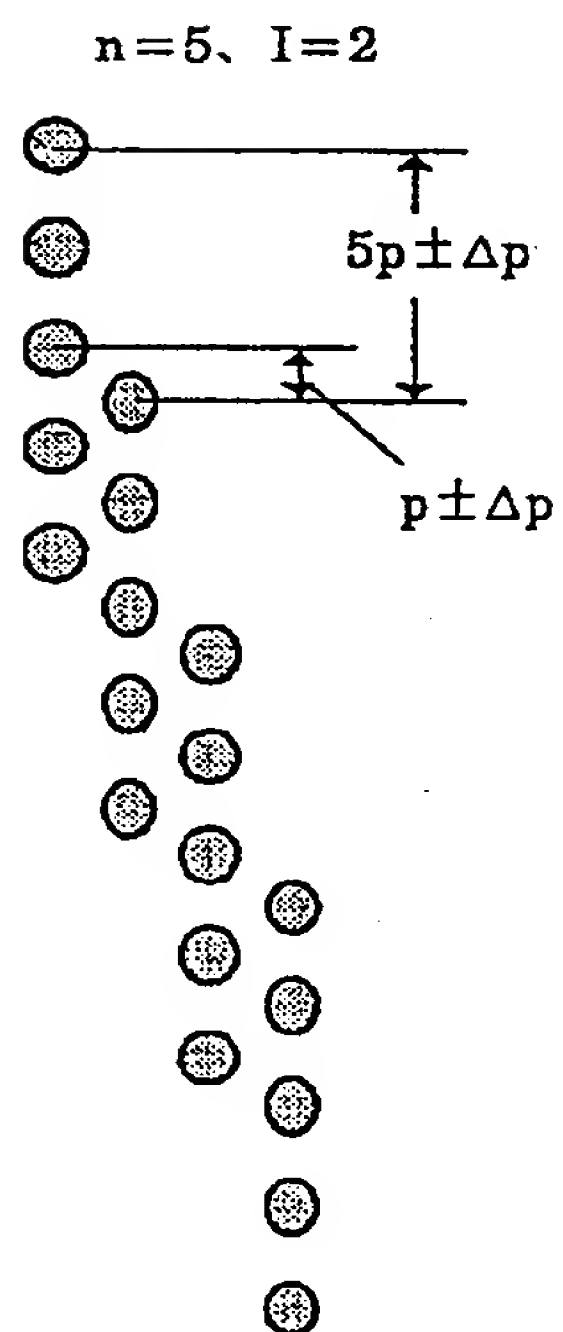
[FIG. 13]  
【図13】

図 13

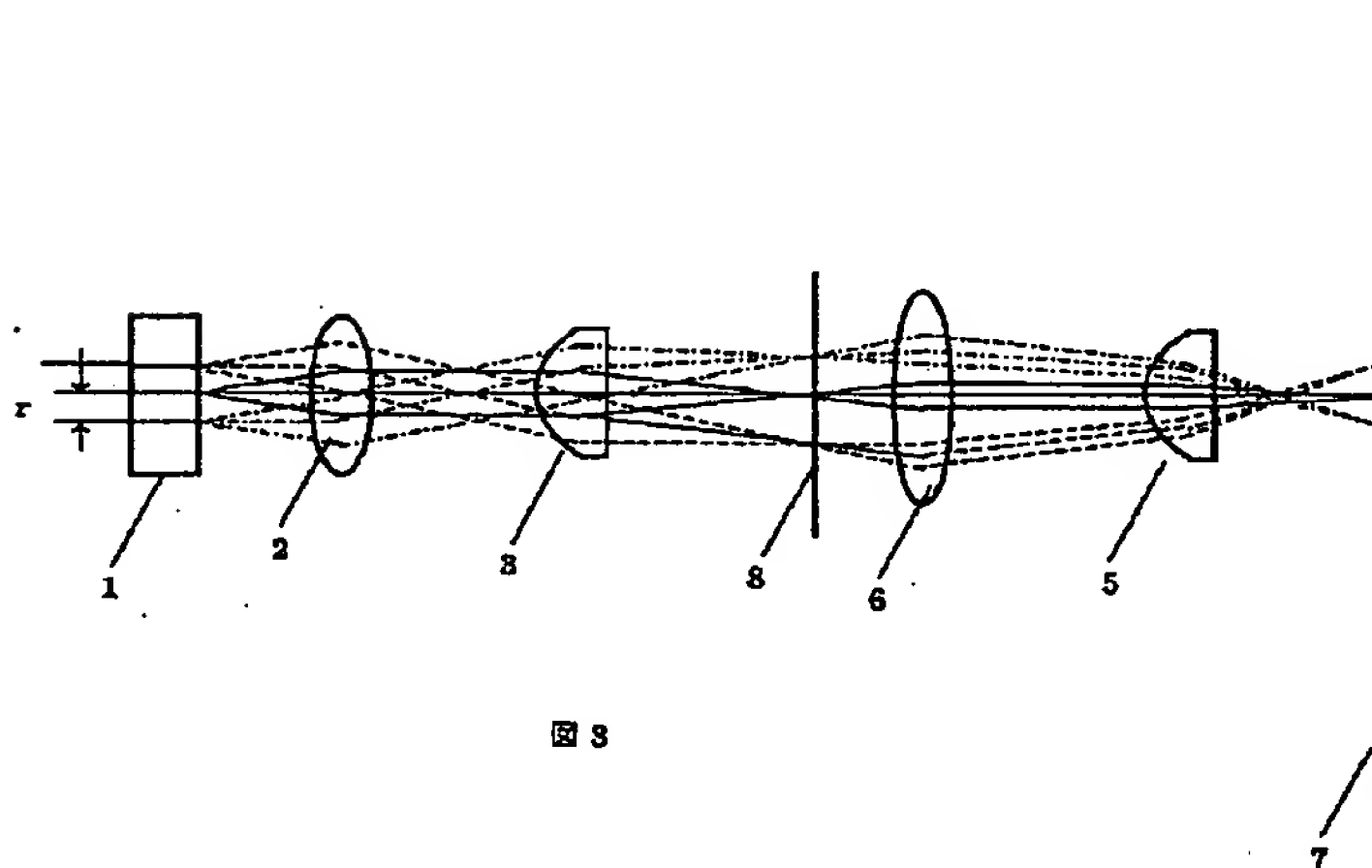
[FIG. 3]  
【図3】

図 3



[FIG. 4]

【図4】

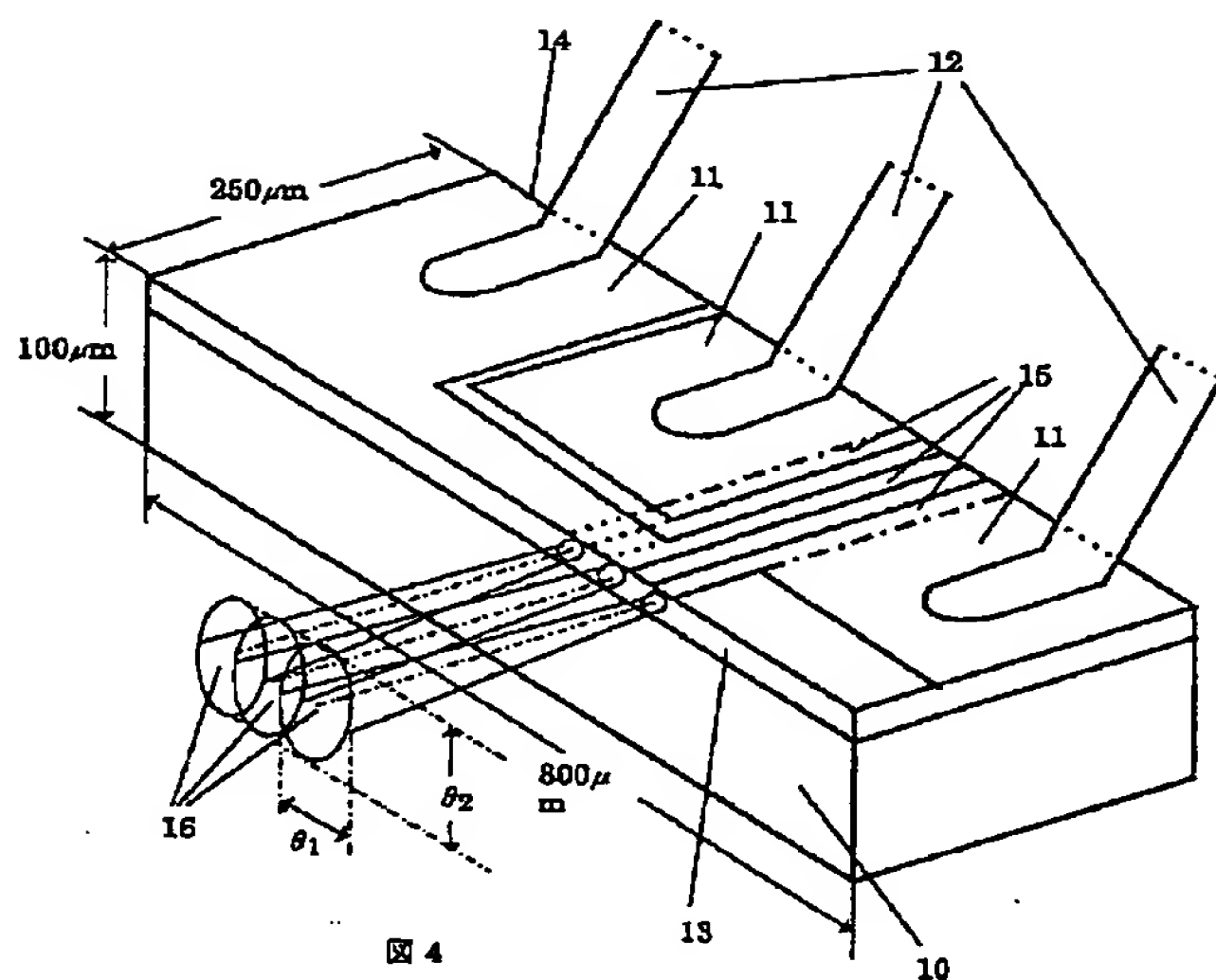


図 4

[FIG. 6]

【図6】

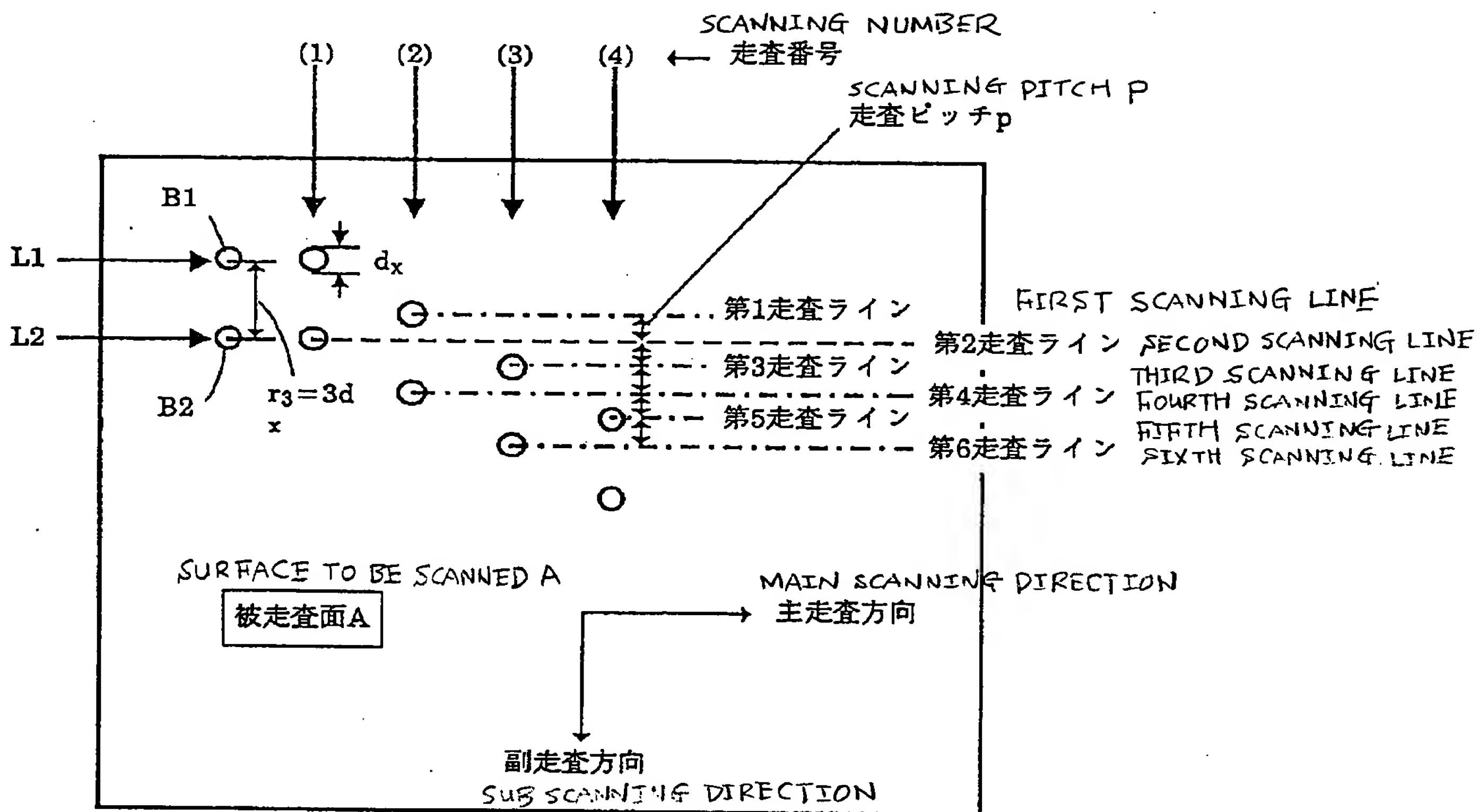


図 6

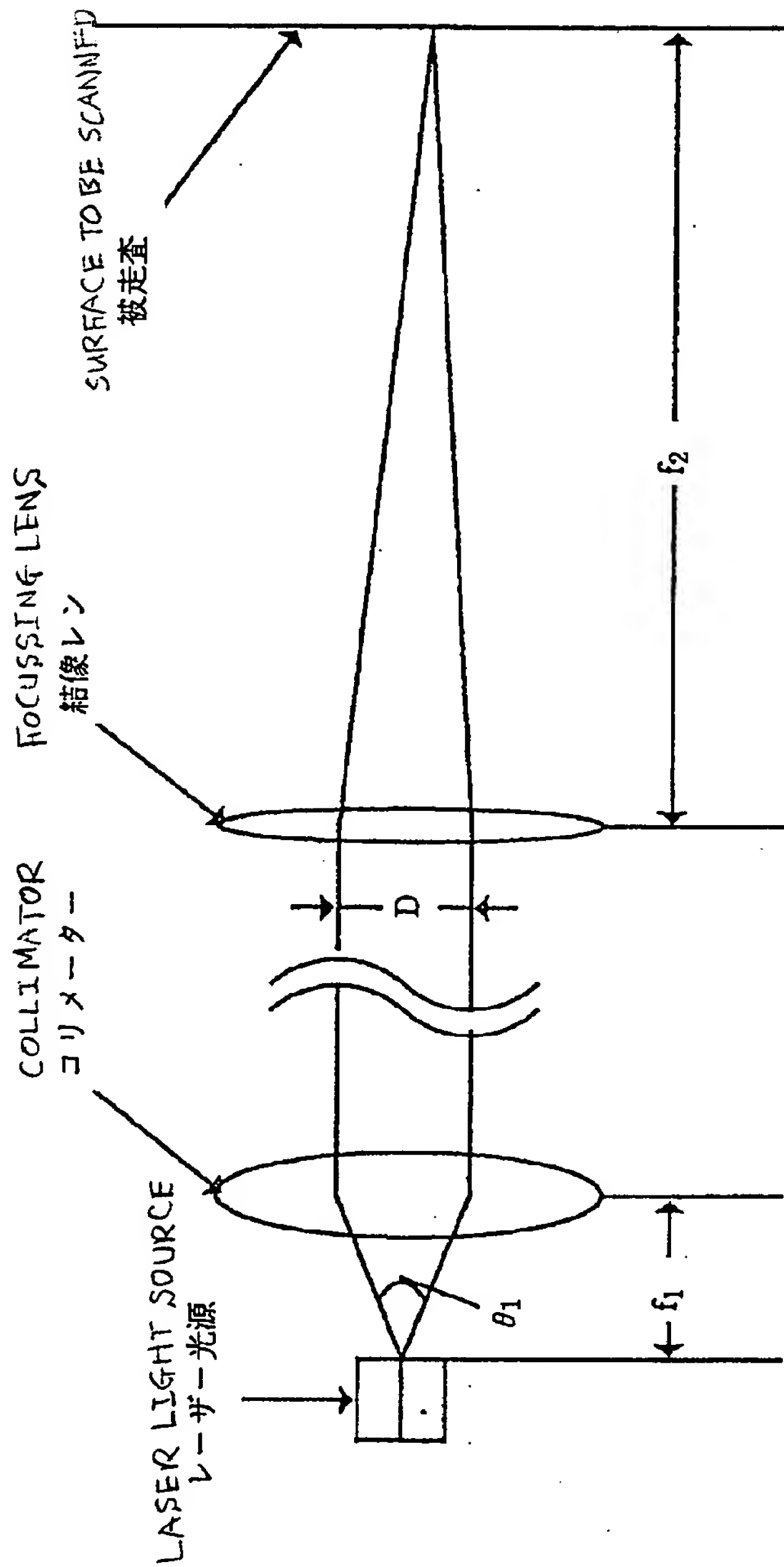
[FIG. 5]  
【図5】

図 5

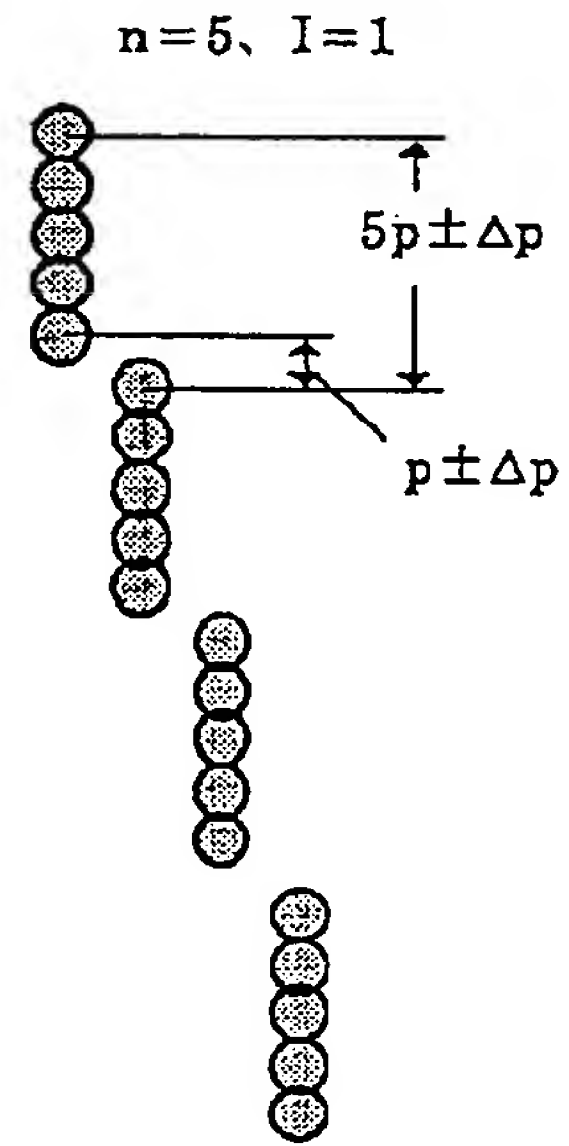
[FIG. 14]  
【図14】

図 1 4

[FIG. 7]

【図7】

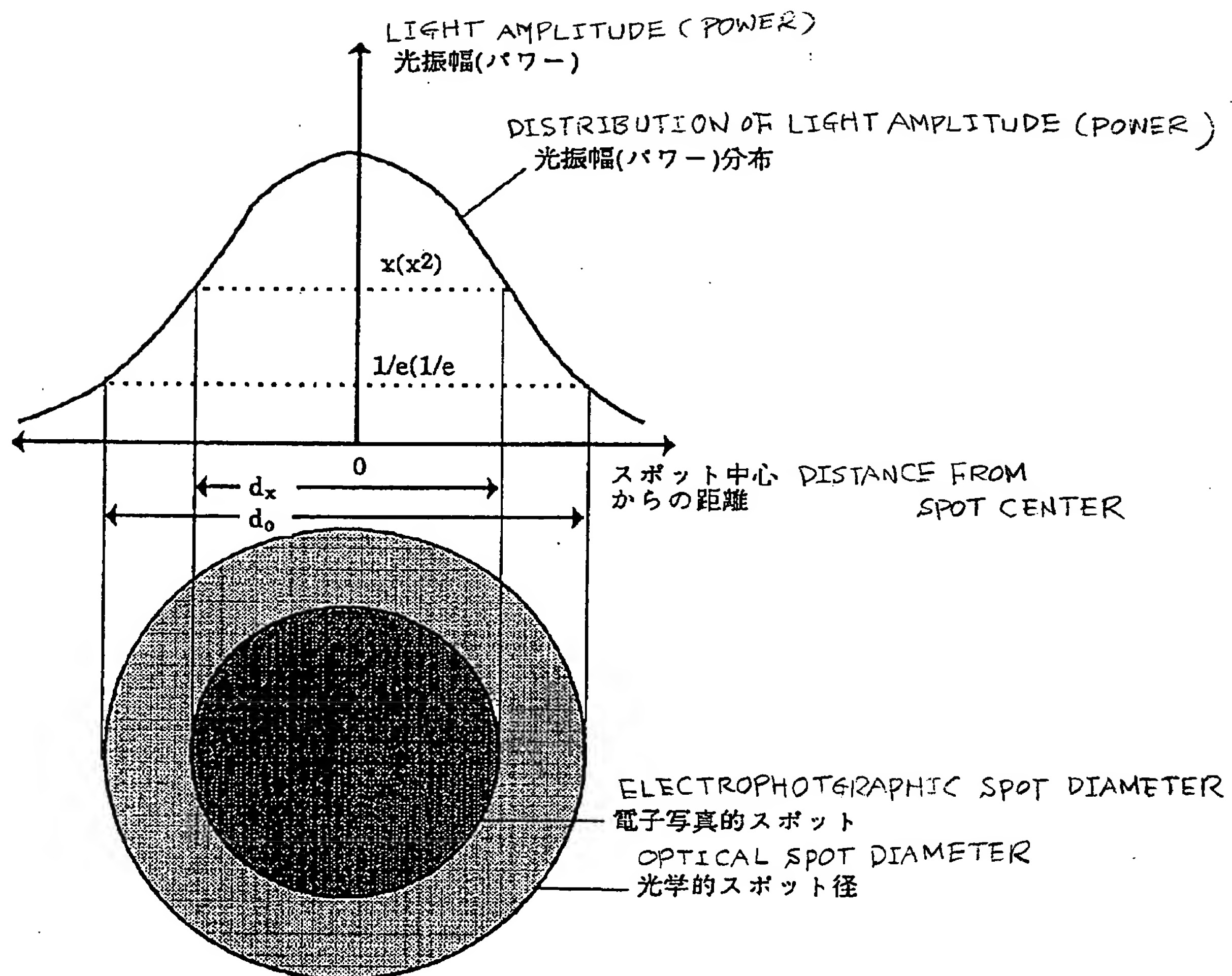
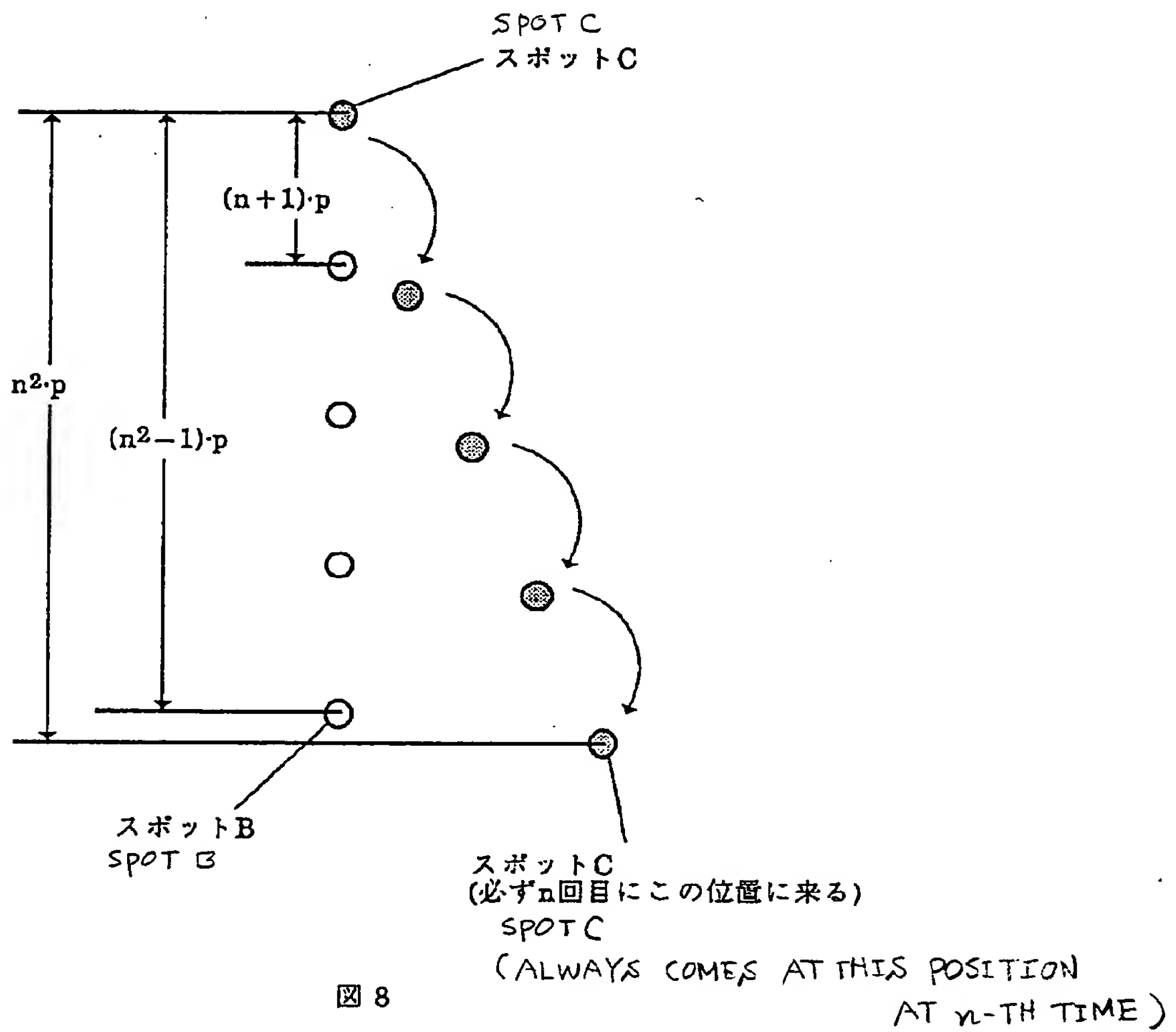
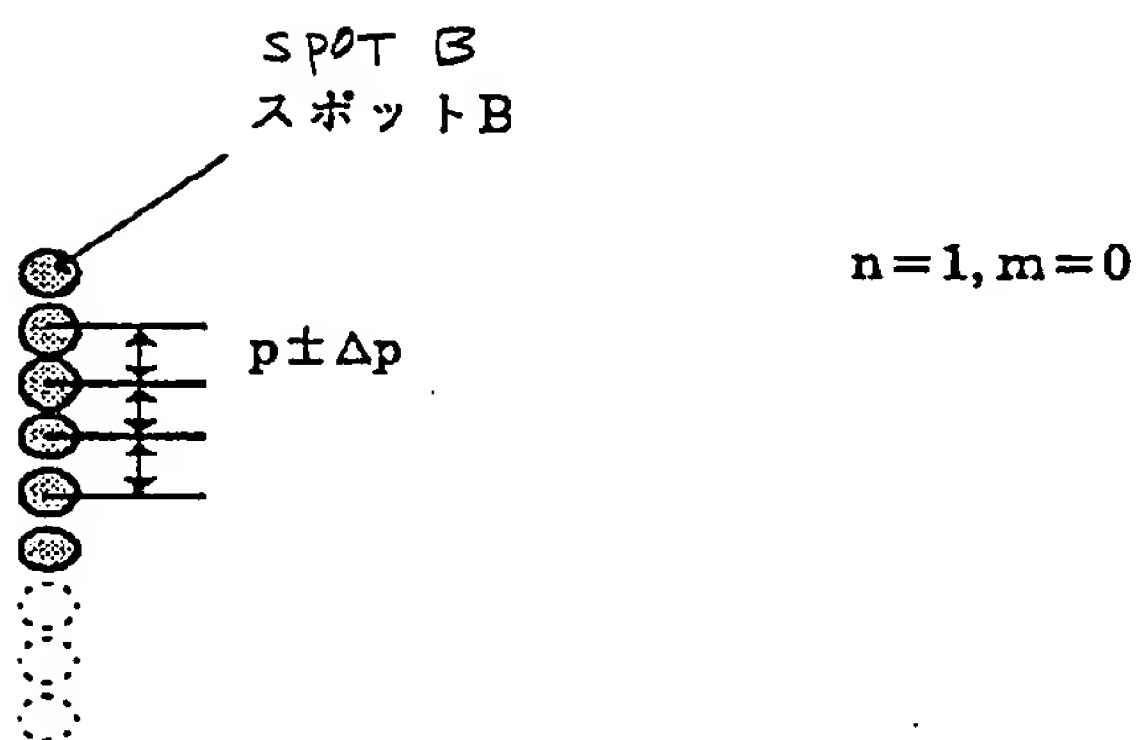


図 7

[ FIG. 8 ]  
【図8】[ FIG. 9 ]  
【図9】

[FIG. 10]

【図10】

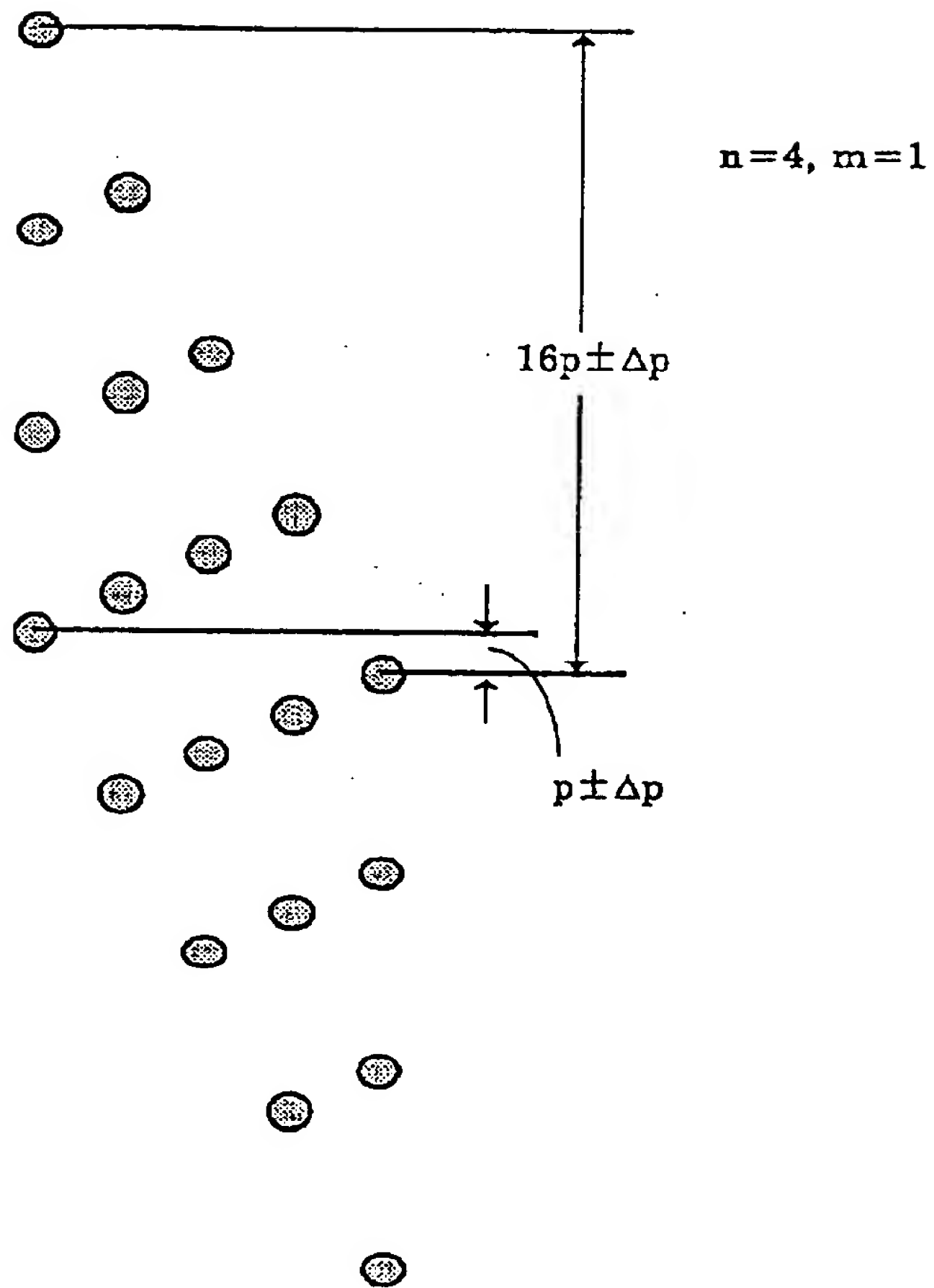


図 10



[FIG. 11]  
【図11】

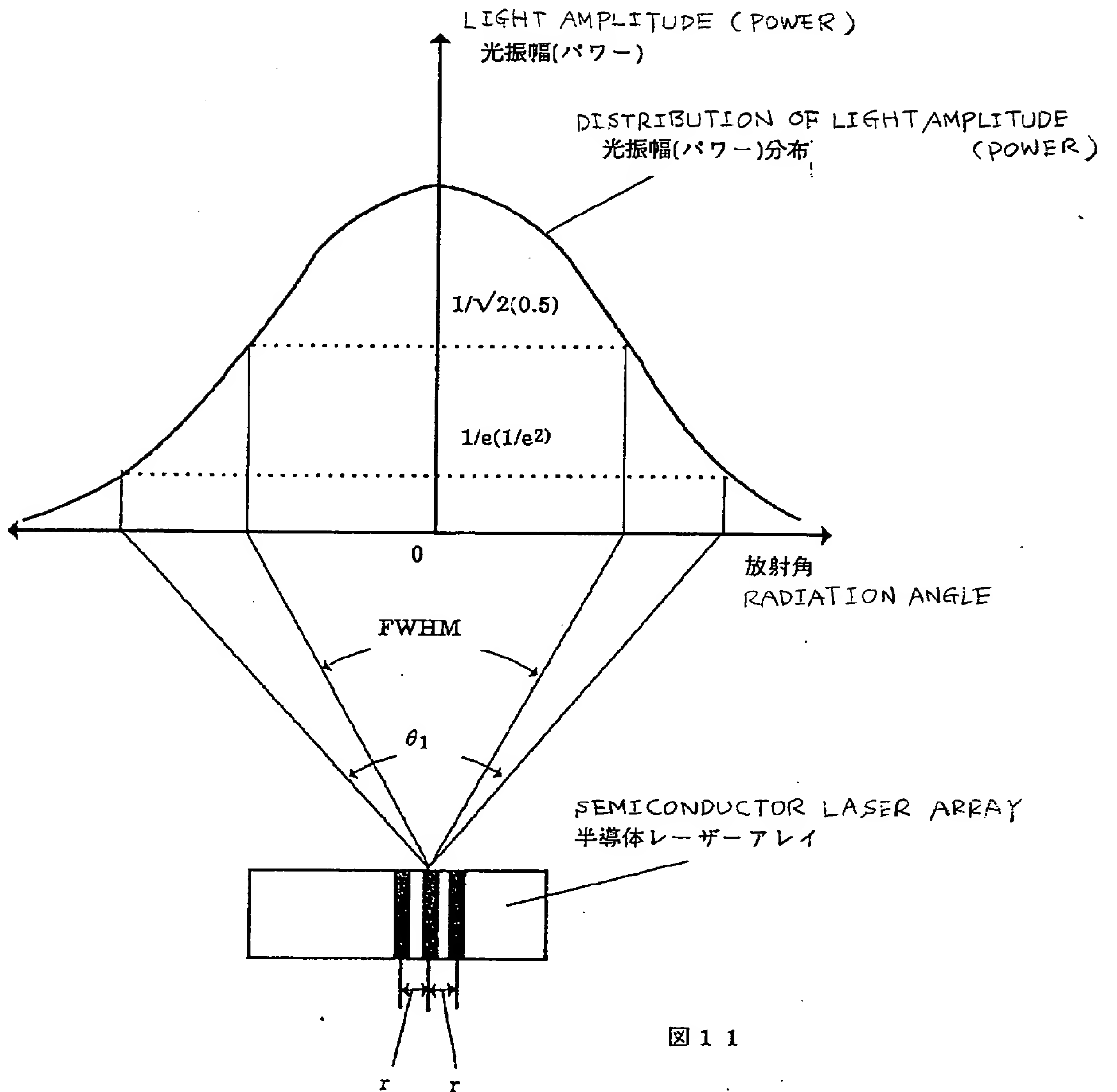
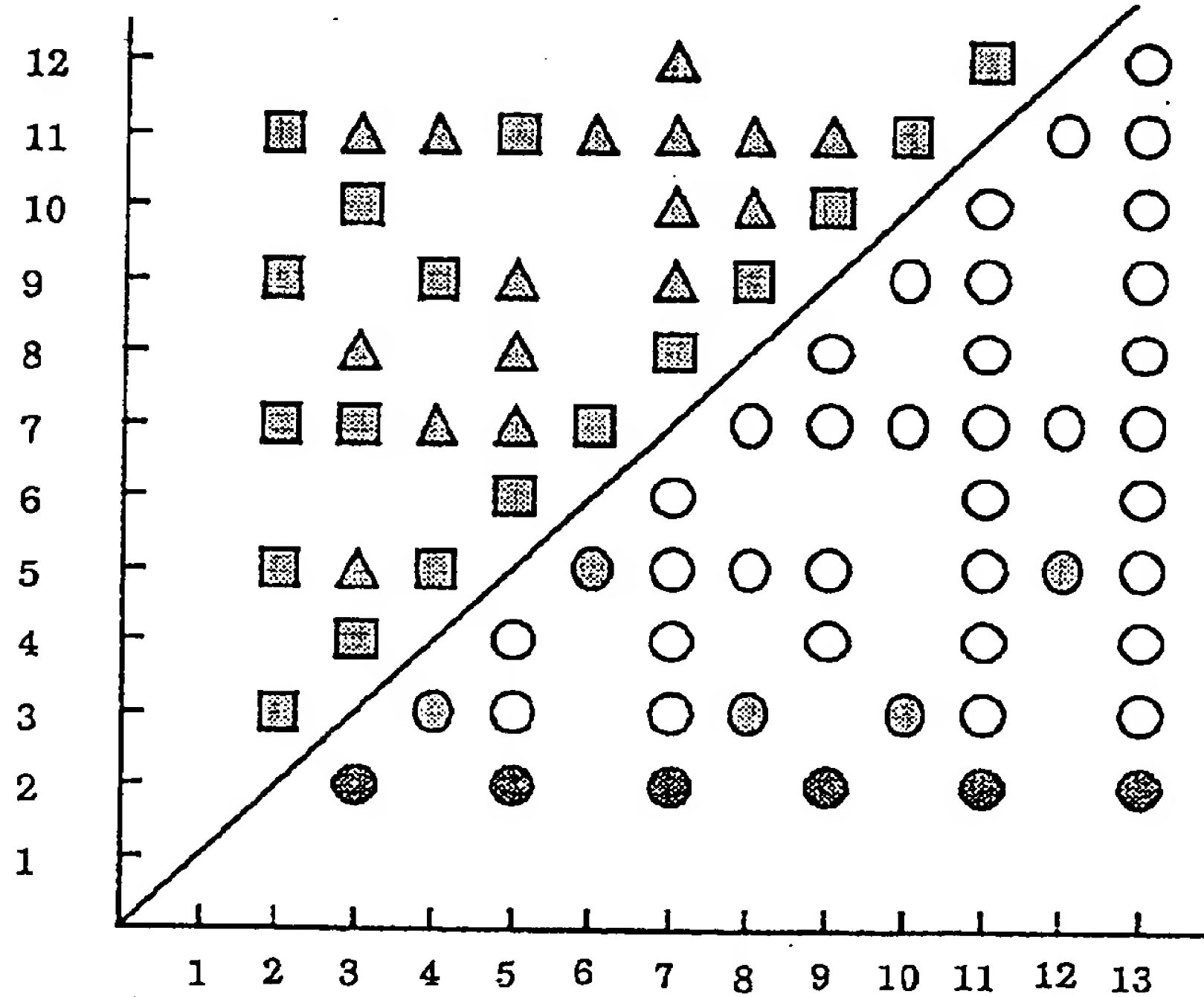


図 1 1

[FIG. 15]  
【図15】

SCANNING ORDER: I  
走査次数: I

STRAIGHT LINE OF  $I=n$   
 $I=n$ の直線



レーザービームの数: n NUMBER OF LASER BEAMS: n

- ● ——— 本発明に含まれる(n, I) (n, I) INCLUDED IN INVENTION
- ——— (nが奇数でI=2の場合) (CASE THAT n IS ODD AND I=2)
- ——— (nが偶数でIが最小の場合) (CASE THAT n IS EVEN AND I IS MINIMUM)
- ——— 従来技術(特開昭56-110960)の(n, I) (n, I) OF PRIOR ART (JP LAID-OPEN PUBLICATION NO. 110960/1981)
- △ ——— どちらにも含まれない(n, I) (n, I) INCLUDED IN NEITHER

図 1 5

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 5

H04N 1/23

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

103 Z 9186-5C

JAPANESE PATENT PUBLICATION No. 48846/1994

Publication Date: June 22, 1994

Application No.: Hei3-84660

Application Date: March 25, 1991

Laid-open No.: Hei5-176128

Laid-open Date: July 13, 1993

Applicant: Fuji-Xerox

[TITLE OF THE INVENTION] Recording Device

[CLAIM FOR PATENT]

[Claim 1] A recording device comprising a light source part having the number  $n$  of light sources that can be driven separately, an optical system for focussing light beams from said light source part on an photosensitive medium surface, and a deflector for deflecting the light beams from said light source part to a predetermined direction, said photosensitive medium surface being simultaneously scanned with the light beams deflected by said deflector, characterized in that said light source part has the number  $n$  of light sources arranged at intervals of  $r$  substantially perpendicularly to said direction of deflection, the lateral magnification of said focussing optical system in a direction of the arrangement of said light sources is  $\beta$ ,  $n$  is an integer of  $n \geq 3$ ,  $I$  is an integer of  $2 \leq I \leq n - 1$  and  $I$  and  $n$  are prime with each other, and the interval  $p$  between adjacent scanning lines on the photosensitive medium surface is

$$p = (\beta \cdot r) / I.$$

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[Field of Industrial Utilization]

The present invention relates to a recording device such as a digital copying machine and a laser beam printer, in which a picture image is written with a light beam, particularly to a recording device in which a light source part including a plurality of light sources such as a multi-beam semiconductor laser array is used and a surface to be scanned is scanned simultaneously with a plurality of light beams to record information.

[0002]

[Prior Art]

For example, in a laser beam printer, a laser beam from a semiconductor laser is applied to a rotating polygon mirror called polygon scanner, and a reflected beam from the rotating polygon mirror is applied to a surface of a charged photosensitive body moving at a constant speed. Because of the rotation of the rotating polygon mirror, the laser beam moves to scan perpendicularly to the direction of the movement of the photosensitive body. Because the laser beam is modulated in accordance with a picture image to output, an electrostatic latent image is formed on the photosensitive body. The electrostatic latent image is developed to be a visible toner image. In such a laser beam printer, for improving the minuteness of an output picture image, it is necessary to narrow each interval between scanning lines.

Besides, for outputting a picture image at a high speed, it is necessary to increase the scanning speed. The heaviest problem against improving the minuteness and output speed in the laser beam printer is that there is the limit of the rotational speed of the polygon mirror.

[0003]

For avoiding this problem, a multi-beam scanning method has been proposed in which a surface to be scanned is scanned simultaneously with a plurality of laser beams. In the multi-beam scanning method, it is required to make a plurality of laser beam spots sufficiently close in a direction (hereinafter called sub scanning direction) perpendicular to the scanning direction (hereinafter called main scanning direction) by a polygon scanner, as a matter of course. For this purpose, efforts have been spent to make a set of closer semiconductor lasers, and presently, a semiconductor laser array in which each interval is narrowed to 10  $\mu\text{m}$  is made on an experimental basis (e.g., refer to Japanese Patent Application Laid-open Publication No. 39583/1990, R. L. Thornton et. al., "Properties of closely spaced independently addressable lasers fabricated by impurity-induced disordering", Appl. Phys. Lett. 56(17), 1623-1625 (1990), etc.).

[0004]

However, even in case of semiconductor lasers made close up to 10  $\mu\text{m}$  by using a technique disclosed in the above publications, it is still insufficient for closely scanning in the sub scanning direction with no gap. As measures for



supplementing this, a method was schemed out of filling up each gap in the sub scanning direction by interlaced scanning (refer to Japanese Patent Application Laid-open Publication No. 110960/1981). Besides, a multi-beam scanning optical system was devised in which each gap in the sub scanning direction is filled up by interlaced scanning with a semiconductor laser array having intervals of  $10\text{ }\mu\text{m}$ , and a patent application for the system has been filed as Japanese Patent Application No. 44435/1990 by the present applicant.

[0005]

Fig. 6 shows an example of interlaced scanning. In this example, interlaced scanning is performed with two laser beams  $L_1$  and  $L_2$ . In Fig. 6,  $d_x$  represents a laser spot diameter defined in electrophotography (hereinafter called electrophotographic spot diameter). The electrophotographic spot diameter does not mean the diameter of a laser spot itself on a surface A to be scanned but the diameter of a spot that appears when an electrostatic latent image having been formed on the surface A to be scanned, which is a charged photosensitive body, by laser exposure. The distance  $r_3$  between the centers of two spots  $B_1$  and  $B_2$  respectively formed on the surface A to be scanned by focussing the two laser beams  $L_1$  and  $L_2$ , is  $3d_x$ . Since sub scanning by  $2d_x$  is done at each main scanning, as shown in Fig. 6, the second scanning line is scanned by the laser beam  $L_2$  at the first main scanning, the first and fourth scanning lines are scanned by the laser beams  $L_1$  and  $L_2$  at the second main scanning, and so on. In this order, all scanning lines are

scanned with no gap. That is, a gap is produced at each main scanning but the scanning line scanned at a main scanning is skipped at the next main scanning so that scanning is done with no gap as a whole.

[0006]

In the interlaced scanning, the following three conditions must be satisfied for avoiding double scanning or a non-scanned part remaining.

(1) Sub scanning by  $nd_x$  must be done at each main scanning when the number of laser beams is  $n$ .

(2) The distance on the surface to be scanned between two laser beams must be integral times of their electrophotographic spot diameter.

(3) The scanning line scanned at a main scanning must not be scanned at another main scanning.

It is known that the third condition in those three conditions is satisfied when the following equation is satisfied where the number of laser beam sources is  $n$ , each interval of the laser beam sources is  $r$ , the lateral magnification of a focussing optical system in a sub scanning direction is  $\beta$ , and the scanning pitch is  $p$  (refer to Japanese Patent Application Laid-open Publication No. 110960/1981):

$$p = \beta \cdot r / (mn + 1) \quad \cdots \text{Equation (1)}$$

where  $m$  is an integer of  $m \geq 0$ . When  $m = 0$  in the equation (1), interlaced scanning is not caused but a state that each adjacent spots are closely disposed in a sub scanning direction is caused. In the Japanese Patent Application

Laid-open Publication No. 110960/1981,  $M$  and  $I_0$  are used in place of  $n$  and  $r$  in the equation (1), respectively. The minimum interval between scanning lines is called scanning pitch, which is represented by  $p$  in Fig. 6. For scanning the surface to be scanned with no gap by one laser beam, the pitch must be equal to the electrophotographic spot diameter of the laser beam, in general,  $p = d_x$ . The spot interval  $\beta \cdot r$  of a multi-beam laser on the surface to be scanned is expressed as  $\beta \cdot r = I \cdot p$ , where  $I$  (a positive integer) is called scanning order.

[0007]

The spot diameter of a laser beam is generally defined by the diameter when the amplitude of the light becomes  $1/e$  of the spot center ( $1/e^2$  in power) (the spot diameter defined in this manner is hereinafter called optical spot diameter and represented by  $d_0$ ). Fig. 7 shows a relation between optical spot diameter and electrophotographic spot diameter. In Fig. 7, the light intensity on the primary axis of the laser beam light is normalized to one. The ratio of optical spot diameter  $d_0$  to electrophotographic spot diameter  $d_x$  is called spot diameter correction coefficient, represented by  $k$ , and defined as the following equation:

$$k = d_0/d_x.$$

The value of  $k$  varies in accordance with process of electrophotography used. It is known that  $1.4 \leq k \leq 1.6$  is desirable in a process of negative development in which toner is made to adhere to parts illuminated with light while

$1.5 \leq k \leq 1.8$  is desirable in a process of positive development in which toner is made to adhere to parts not illuminated with light (refer to TANAKA, "Study of gradation reproduction in laser-xerography", 6th Color Engineering Conference, p77-p80 (1989)).

[0008]

[Problems that the Invention Is to Solve]

In interlaced scanning as described above, it may be supposed that each interval between focussing spots can be widened to any extent if the proper integer  $m$  is selected. In practice, however, there is the problem that greatly distant focussing spots require a scanning device with very high mechanical accuracy. The reason will be described below.

[0009]

In case that a surface to be scanned is scanned with one spot B as shown in Fig. 9, if the pitch  $p$  on the surface to be scanned has an error  $\Delta p$ , the allowable relative error  $\delta_0$  of the scanning speed in an sub scanning direction is expressed as follows:

$$\delta_0 = \Delta v/v = \Delta p/p$$

where  $v$  represents the scanning speed in the sub scanning direction and  $\Delta v$  represents the speed error of sub scanning. In case of  $n = 4$  and  $m = 1$  as shown in Fig. 10, the allowable relative error  $\delta_{4,1} = \Delta p/16p = \delta_0/16$ , where accuracy is required to be higher by more than ten times than that of Fig. 9. This tendency becomes remarkable as the number  $n$  of light sources and  $m$  increase. Although the allowable error of the scanning speed in an sub scanning direction has been

described above, the same can apply to not only the speed error of sub scanning but also accuracy of the lateral magnification of an optical system and dimensional accuracy of each interval between light sources.

[0010]

For solving those problems, it is evidently preferable that each interval between focussing spots is as small as possible. In the above equation (1), the focussing spot interval is the smallest in case of  $m = 0$  but interlaced scanning is not done when  $m = 0$ , as described above. For this reason, the focussing spot interval is substantially the smallest when  $m = 1$ . In this case, the interval  $\beta \cdot r$  between adjacent focussing spots on a surface to be scanned is  $(n + 1)p$ , and so increases in proportion to increase of the number  $n$  of light sources. From the above, the allowable relative error  $\delta_{n,m}$  required in case of the number  $n$  of light sources and  $m$  is calculated to have a relation as the following equation:

$$\delta_{n,m} \delta_{n,1} = \delta_0 / n^2 \quad \dots \text{Equation (2)}.$$

This is because each interval between focussing spots is  $(n + 1)p$  when  $m = 1$  as typically shown in Fig. 8, the interval between the most distant focussing spots is  $(n^2 - 1) \cdot p$ , and so the last spot B scanned at the first time and the first spot C scanned at the  $n$ -th time are adjacent to each other.

[0011]

Besides, for widening each interval between focussing spots and scanning a plurality of times with beams



in order to fill the interval with no gap, there is the problem that the larger the number of scanning lines to skip is, the larger the high-speed memory capacity necessary to electrically control interlaced scanning is. The present invention is devised to solve the above problems, and aims to provide a recording device in which each interval between focussing spots is narrowed, accuracy required for a scanning optical system is moderated, and interlaced scanning can be done equally or more with a scanning optical system simpler than conventional one.

[0012]

[Means for Solving the Problems]

For attaining the above object, in a recording device comprising a light source part having the number  $n$  of light sources that can be driven separately, an optical system for focussing light beams from said light source part on an photosensitive medium surface, and a deflector for deflecting the light beams from said light source part to a predetermined direction, said photosensitive medium surface being simultaneously scanned with the light beams, the present invention is characterized in that said light source part has the number  $n$  of light sources arranged at intervals of  $r$  in an sub scanning direction, and the interval  $p$  between adjacent scanning lines on the photosensitive medium surface is

$$p = (\beta \cdot r) / I$$

where the lateral magnification of said focussing optical system in a direction of the arrangement of said light

sources is  $\beta$ ,  $n$  is an integer of  $n \geq 3$ , the scanning order  $I$  is an integer of  $2 \leq I \leq n - 1$ , and  $I$  and  $n$  are prime with each other. Particularly in case that the number  $n$  of light sources is odd, when the scanning order  $I$  is two, there is an effect that the intervals of spots can be equal independently of the number  $n$  of spots and so the manufacture becomes easy. In case that the number  $n$  of light sources is even, there is the same effect when the scanning order  $I$  is the smallest natural number prime with the number  $n$  of light sources. For example, there is the effect when  $I$  is three if the number  $n$  of light sources is four, or when  $I$  is five if the number  $n$  of light sources is six.

[0013]

[Operation]

When the scanning order  $I$  is defined as that the interval  $\beta \cdot r$  between adjacent focussing spots on a surface to be scanned is divided by scanning pitch  $p$ , interlaced scanning is possible if the number  $n$  of light sources and the scanning order  $I$  are prime with each other, that is, the greatest common divisor of  $I$  and  $n$  is one. In that case, interlaced scanning is possible even when each interval between light sources is smaller than that shown by the equation (1). The equation for defining  $I$  is shown as follows:

$$I = (\beta \cdot r) / p \quad \dots \text{Equation (3).}$$

When the equation (3) is rearranged on the basis of this definition, the following equation (4) is obtained, where interlaced scanning is possible.

$$\beta \cdot r = I \cdot p \quad \dots \text{Equation (4)}$$

(where  $I$  is an integer prime with  $n$ ). Comparing the equations (4) and (1), characteristics of cases in which interlaced scanning is possible under the respective conditions will be compared.

[0014]

For example, when the number  $n$  of light sources is four, the minimum spot interval  $\beta \cdot r$  meeting the equation (1) is  $\beta \cdot r = 5p$  because  $\beta \cdot r = (mn + 1)p$ . In comparison with this, in case of the equation (4), the smallest  $I$  prime with  $n = 4$  is three. Hence,  $\beta \cdot r = 3p$ . Further, when the number  $n$  of light sources is five, while the minimum  $\beta \cdot r$  meeting the equation (1) is  $\beta \cdot r = 6p$ , the smallest  $I$  prime with  $n = 5$  is two, so  $\beta \cdot r = 2p$  in case of the equation (4). Thus, in the latter case, the equation (4) brings each interval  $\beta \cdot r$  between focussing spots on the surface to be scanned to  $1/3$  of that by the equation (1).

[0015]

In a recording device constructed according to the present invention, the scanning order  $I$  can be smaller than the number  $n$  of light sources when  $n$  is three or more. As a result, accuracy in position or speed required in an sub scanning direction may be low. In the construction according to the present invention, the allowable relative error  $\gamma_{n,I}$  in position or speed required in an sub scanning direction is expressed as follows when the number of light sources is  $n$  and the scanning order is  $I$ :

$$\gamma_{n,I} \geq \delta_0 / I \cdot (n - 1).$$

Here, because  $I \leq n - 1$ ,  $\gamma_{n,I}$  is after all expressed as follows:

$$\gamma_{n,I} \geq \delta_0 / (n - 1)^2 \quad \dots \text{Equation (6)}.$$

Comparing the allowable relative error equation (6) according to the present invention with the equation (2) showing the allowable relative error according to a prior art method in case of the same number  $n$  of light sources,  $\gamma_{n,I} \geq \delta_{n,m}$  is always satisfied because  $\delta_0 / (n - 1)^2 \geq \delta_0 / n^2$  is always satisfied. Consequently, when the construction according to the present application is employed, accuracy in position or speed required in an sub scanning direction is always lower than that of the prior art. Besides, the capacity of a high-speed memory required for controlling interlaced scanning becomes small.

[0016]

In particular, by selecting an odd number of three or more as the number  $n$  of light sources, interlaced scanning with the scanning order  $I = 2$ , which is the smallest theoretically, can be realized. In that case, accuracy in position or speed required in an sub scanning direction becomes especially low even in the present invention. For example, as shown in Fig. 12, while  $\gamma_{5,3} = \delta_0 / 10$  when the number  $n$  of light sources is five and the scanning order  $I = 3$ ,  $\gamma_{5,2} = \delta_0 / 5$  when the scanning order  $I = 2$ . In the latter case, the required mechanical accuracy is enough to be half of that in the former case. As evidently by comparing Figs. 13 and 14, the mechanical accuracy required when  $I = 2$  is equal to that in case of not using interlaced scanning.

Besides, the capacity of a high-speed memory required for controlling interlaced scanning becomes especially small even in the present invention. Besides, each interval between light sources become fixed independently of the number  $n$  of light sources.

[0017]

Besides, by selecting an even number of four or more as the number  $n$  of light sources and selecting the smallest natural number prime with the number  $n$  of light sources as the scanning order  $I$ , interlaced scanning with the scanning order, which is the smallest theoretically when the number of light sources is even, can be realized. In that case, therefore, accuracy in position or speed required in an sub scanning direction becomes especially low. Besides, the capacity of a high-speed memory required for controlling interlaced scanning becomes especially small. Table 1 comparatively shows errors in position or speed based on the present invention and a prior art (refer to the Japanese Patent Application Laid-open Publication No. 110960/1981) in the range of three to eight light sources. Besides, Fig. 15 is a graph showing combination of the number  $n$  of light sources (laser beams) capable of interlaced scanning and scanning order  $I$ .

[Table 1]



Table 1: Comparison of allowable speed errors in an sub scanning direction according to the present invention and prior art

Present invention			Prior Art (m = 1)	
n	I	$\gamma_{n,I}/\delta_0$	$n + 1$ $= \beta \cdot r/p$	$\delta_{n,m}/\delta_0$
3	2	1/3	4	1/9
4	3	1/8	5	1/16
5	2	1/5	6	1/25
	3	1/10		
	4	1/15		
6	5	1/20	7	1/36
7	2	1/7	8	1/49
	3	1/14		
	4	1/21		
	5	1/21		
	6	1/35		
8	3	1/16	9	1/64
	5	1/24		
	7	1/48		

n: the number of light sources

I: scanning order

$\delta_0$ : allowable relative error in speed in case of a single light source

$\gamma_{n,I}$ : allowable relative error in speed in case of the present invention

$\delta_{n,m}$ : allowable relative error in speed in case of the prior art

$\beta \cdot r$ : spot interval on a surface to be scanned in case of the prior art

[0018]

[Embodiment]

An embodiment of the present invention will be described hereinafter with reference to drawings. An example in which a laser beam printer of the resolution of 800 spi (spots/inch) is realized with a multi-beam semiconductor laser array will be described laying stress on an example of design of optical system. Fig. 2 is a view typically showing an embodiment of the present invention. Three laser beam lights emitted from a multi-beam semiconductor laser array 1 pass through a collimator 2 and a cylindrical lens 3 and then are deflected by a polygon scanner 4 to scan a photosensitive body. The deflected laser beam lights are focussed on the photosensitive body 7 through a cylindrical lens 5 and a focussing ( $f-\theta$ ) lens. The photosensitive body 7 is rotated in the direction shown by an arrow 8. The movement by this rotation of the photosensitive body 7 in the direction shown by the arrow 8 is called sub scanning. The cylindrical lenses 3 and 5 are for correcting a surface tilt of the polygon scanner 4 and form a so-called anamorphic optical system. An optical image written on the photosensitive body 7 is developed by an electrophotographic process to be visible (not shown).

[0019]

Fig. 3 is a development of the part of optical system of Fig. 1 in the plane perpendicular to the deflecting surface and including the optical axis. Fig. 4 is a

perspective view showing the construction of the multi-beam semiconductor laser array 1 shown in Figs. 1 and 3. The spread angle  $\theta_1$  of each laser beam in a parallel direction to the junction surface of the semiconductor laser array used is  $12^\circ$ . The spread angle is defined by the angle at which the power is  $1/e^2$  of the power on the optical axis, as shown in Fig. 11. It should be distinguished because there are also many cases that the spread angle of a semiconductor laser is expressed with full-width half-maximum (FWHM) at which the power is  $1/2$  of that on the optical axis. The emission wavelength  $\lambda$  of the semiconductor laser is  $\lambda = 0.78 \mu\text{m}$ . The diameter  $d_0$  in an sub scanning direction of the focussing spot of each laser beam light on a surface to be scanned is expressed as follows when the beam diameter in the sub scanning direction of the laser beam light incident on the focussing optical system is  $D$ , the focal length of the focussing optical system in the sub scanning direction is  $f_2$ , and the ratio of the circumference of a circle to its diameter is  $\pi$ :

$$d_0 = 4f_2\lambda/\pi D.$$

The beam diameter in the sub scanning direction of the laser beam light incident on the focussing optical system is expressed as follows when the focal length of the collimator is  $f_1$ :

$$D = 2f_1\sin(\theta_1/2).$$

[0020]

Hence, when the lateral magnification  $\beta$  of the focussing optical system in the sub scanning direction is  $\beta =$

$f_2/f_1$ , the diameter  $d_0$  in the sub scanning direction of the focussing spot of the laser beam light on the surface to be scanned is after all expressed as follows (refer to Fig. 5):

$$d_0 = 2\lambda\beta/\pi\sin(\theta_1/2).$$

This is optical spot diameter as described before, and differs from the diameter of the finally formed image. The diameter in the sub scanning direction of the finally formed image by an electrophotographic process, that is, electrophotographic spot diameter  $d_x$ , is obtained by dividing  $d_0$  by  $k$ , so it is expressed as follows:

$$d_x = d_0/k = 2\lambda\beta/\pi k\sin(\theta_1/2).$$

Since the interval between adjacent semiconductor laser elements of the multi-beam semiconductor laser array 1 is  $r$ , the interval  $r_i$  between adjacent focussing spots on the surface to be scanned is given by the following equation:

$$r_i = \beta r.$$

Because the value obtained by dividing this  $r_i$  by  $d_x$  must be equal to scanning order  $I$ ,  $I = r_i/d_x$ .

[0021]

From the above, the interval  $r$  between adjacent semiconductor laser elements of the multi-beam semiconductor laser array 1 is expressed as follows:

$$r = 2\lambda I/\pi k\sin(\theta_1/2) \quad \dots \text{equation (7)}.$$

Based on this equation (7), when  $\lambda = 0.78 \mu\text{m}$ ,  $\theta_1 = 12^\circ$ , and  $I = 2$ ,  $r$  is calculated as  $r = 7.0 \mu\text{m}$ . It has been already described that this value may be fixed independently of the number of beams if the number of beams is odd. Hence, even when  $n = 5$ , or even when  $n = 7$ ,  $r = 7.0 \mu\text{m}$ . This means that

those semiconductor laser arrays can be manufactured by a common process. For fabricating a laser beam printer of the resolution of 800 spots per one inch (800 spi),  $d_x$  must be  $25.4 \text{ mm}/800 = 31.75 \text{ }\mu\text{m}$ . Hence, when scanning order  $I$  is  $I = 2$ ,  $r_i = 63.5 \text{ }\mu\text{m}$ , and the lateral magnification  $\beta$  of the optical system can be conversely calculated from that as  $\beta = 9.1$ .

[0022]

Although the above embodiment is based on electrophotographic process, it is needless to say that the present invention can apply also to recording devices using processes other than electrophotographic process. That is, the present invention can apply also to recording devices in which ordinary photosensitive films are scanned in place of photosensitive bodies for electrophotography, or to thermal recording wherein imaging is performed by using a thermal effect of a laser beam light, or to optical magnetic recording. In these cases, however, the optimum value of  $k$  in the above equation (7) is not always equal to that in case of using electrophotographic process, so each interval between laser beam sources must be experimentally determined separately in accordance with a recording process used. In the above description, electrophotographic spot diameter  $d_x$  must be equal to pitch  $p$  for scanning the whole surface of a photosensitive body with no gap. But the present invention is to provide a recording device capable of scanning all scanning lines at scanning line pitches of  $p$  except the starting and ending parts. So it is needless to say that the

present invention can apply also to cases that all scanning lines are scanned without omission except the starting and ending parts even when the whole surface is not scanned with no gap.

[0000]

[Effect of the Invention]

According to the above recording device of the present invention, when multi-beam scanning is done by interlaced scanning, there is no necessity of the mechanical accuracy in sub scanning, accuracy in magnification of an optical system, or dimensional accuracy in a used multi-beam semiconductor laser array, which are required in a prior art. Therefore, high resolution and high-speed recording become possible with ease. Besides, the capacity of a high-speed memory required for controlling interlaced scanning may be also small. Further, when the number of laser beams is odd, manufacturing process of semiconductor lasers can be made common.

[0024]

[Brief Description of Drawings]

[Fig. 1]

Fig. 1 is a diagram typically showing the interval ( $\beta \cdot r$ ) between beam spots, the number (n) of spots, and scanning order (I) in a recording device according to the present invention.

[Fig. 2]

Fig. 2 is a perspective view showing a schematic construction of the device according to the present invention.

[Fig. 3]

Fig. 3 is a development of the optical system of Fig. 1 in the plane perpendicular to the deflecting surface and including the optical axis.

[Fig. 4]

Fig. 4 is a perspective view showing the construction of the multi-beam semiconductor laser array shown in Figs. 1 and 3.

[Fig. 5]

Fig. 5 is a diagram typically showing a focussing optical system for a laser beam.

[Fig. 6]

Fig. 6 is a diagram for illustrating the principle of interlaced scanning, showing the relation between focussing spots of laser beams on a surface to be scanned and scanning lines.

[Fig. 7]

Fig. 7 is a diagram showing the relation between the distance from the spot center and light amplitude in a focussing spot of a laser light.

[Fig. 8]

Fig. 8 is a diagram showing the positional relationship between spots in interlaced scanning according to a prior art.

[Fig. 9]

Fig. 9 is a diagram showing position errors of spots in case of scanning with a single beam.

[Fig. 10]

Fig. 10 is a diagram showing position errors of spots when the number  $n$  of semiconductor laser elements is four and scanning order  $I$  is five.

[Fig. 11]

Fig. 11 is a diagram showing dependence on radiation angle of the amplitude of a laser light emitted from a semiconductor laser.

[Fig. 12]

Fig. 12 is a diagram showing a relation of errors in position or speed in an sub scanning direction required when the number  $n$  of semiconductor laser elements is five and scanning order  $I$  is three.

[Fig. 13]

Fig. 13 is a diagram showing a relation of errors in position or speed in an sub scanning direction required when the number  $n$  of semiconductor laser elements is five and scanning order  $I$  is two.

[Fig. 14]

Fig. 14 is a diagram showing a relation of errors in position or speed in an sub scanning direction required when the number  $n$  of semiconductor laser elements is five and scanning order  $I$  is one.

[Fig. 15]

Fig. 15 is a graph showing combination of the number  $n$  of light sources (laser beams) capable of interlaced scanning and scanning order  $I$ .

[0025]

[Description of References]



1: multi-beam semiconductor laser array, 2: collimator lens, 3: cylindrical lens, 4: polygon scanner, 5: cylindrical lens, 6: focussing ( $f-\theta$ ) lens, 7: photosensitive body, 8: reflecting surface of polygon scanner, 10: GaAs substrate, 11a to 11c: bonding pads, 12: bonding wire (Au), 13:  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $1/2\lambda$  coating, 14: ( $\text{Al}_2\text{O}_3$   $1/4\lambda$  + Si  $1/4\lambda$ ) three-period coating, 15: semiconductor laser element, 16: laser beam light,  $l_1$ : scanning line 1,  $l_2$ : scanning line 2,  $l_3$ : scanning line 3,  $\theta_1$ : spread angle of laser beam emitted from semiconductor laser element, in parallel direction to the junction surface,  $\theta_2$ : spread angle of laser beam emitted from semiconductor laser element, in perpendicular direction to the junction surface,  $L_1$ : laser light 1,  $L_2$ : laser light 2,  $p$ : scanning pitch,  $\Delta p$ : position error of scanning pitch, FWHM: full-width half-maximum of spread angle of laser beam,  $r$ : interval between semiconductor laser elements,  $n$ : the number of semiconductor laser elements and the number of corresponding laser beam lights,  $I$ : scanning order,  $f_1$ : focal length on the light source side of optical system,  $f_2$ : focal length on the focal plane side of optical system,  $\beta$ : lateral magnification of optical system,  $\lambda$ : emission wavelength of semiconductor laser element,  $d_x$ : electrophotographic spot diameter,  $d_0$ : optical spot diameter,  $\delta_0$ : relative error in position or speed in sub scanning direction required in case of single beam,  $\delta_{n,m}$ : relative error in position or speed in sub scanning direction required in case of the number  $n$  of semiconductor laser elements and integer  $m$  in prior art,  $\gamma_{n,I}$ : relative error in position or speed in sub

scanning direction required in case of the number  $n$  of semiconductor laser elements and scanning order  $I$  according to the present invention.

IN DRAWINGS

IN FIG. 1

SCANNING NUMBER

PITCH

LIGHT BEAM SPOT

NUMBER OF SPOTS:  $n$  (INTEGER OF  $3 \leq n$ )

$I$  AND  $n$  ARE PRIME WITH EACH OTHER

IN FIG. 5

LASER LIGHT SOURCE

COLLIMATOR

FOCUSSING LENS

SURFACE TO BE SCANNED

IN FIG. 6

SCANNING NUMBER

SCANNING PITCH

FIRST SCANNING LINE

SECOND SCANNING LINE

THIRD SCANNING LINE

FOURTH SCANNING LINE

FIFTH SCANNING LINE

SIXTH SCANNING LINE

SURFACE A TO BE SCANNED

MAIN SCANNING DIRECTION

SUB SCANNING DIRECTION

IN FIG. 7

LIGHT AMPLITUDE (POWER)

DISTRIBUTION OF LIGHT AMPLITUDE (POWER)

DISTANCE FROM SPOT CENTER

ELECTROPHOTOGRAPHIC SPOT DIAMETER

OPTICAL SPOT DIAMETER

IN FIG. 8

SPOT C

SPOT B

SPOT C (ALWAYS COMES AT THIS POSITION AT  $n$ -TH TIME)

IN FIG. 9

SPOT B

FIG. 11

LIGHT AMPLITUDE (POWER)

DISTRIBUTION OF LIGHT AMPLITUDE (POWER)

RADIATION ANGLE

SEMICONDUCTOR LASER ARRAY

IN FIG. 15

SCANNING ORDER:  $I$

STRAIGHT LINE OF  $I = n$

NUMBER OF LASER BEAMS:  $n$

$(n, I)$  INCLUDED IN INVENTION

(CASE THAT  $n$  IS ODD AND  $I = 2$ )

(CASE THAT  $n$  IS EVEN AND  $I$  IS MINIMUM)

(n, I) OF PRIOR ART (JAPANESE PATENT APPLICATION  
LAID-OPEN PUBLICATION NO. 110960/1981)

(n, I) INCLUDED IN NEITHER

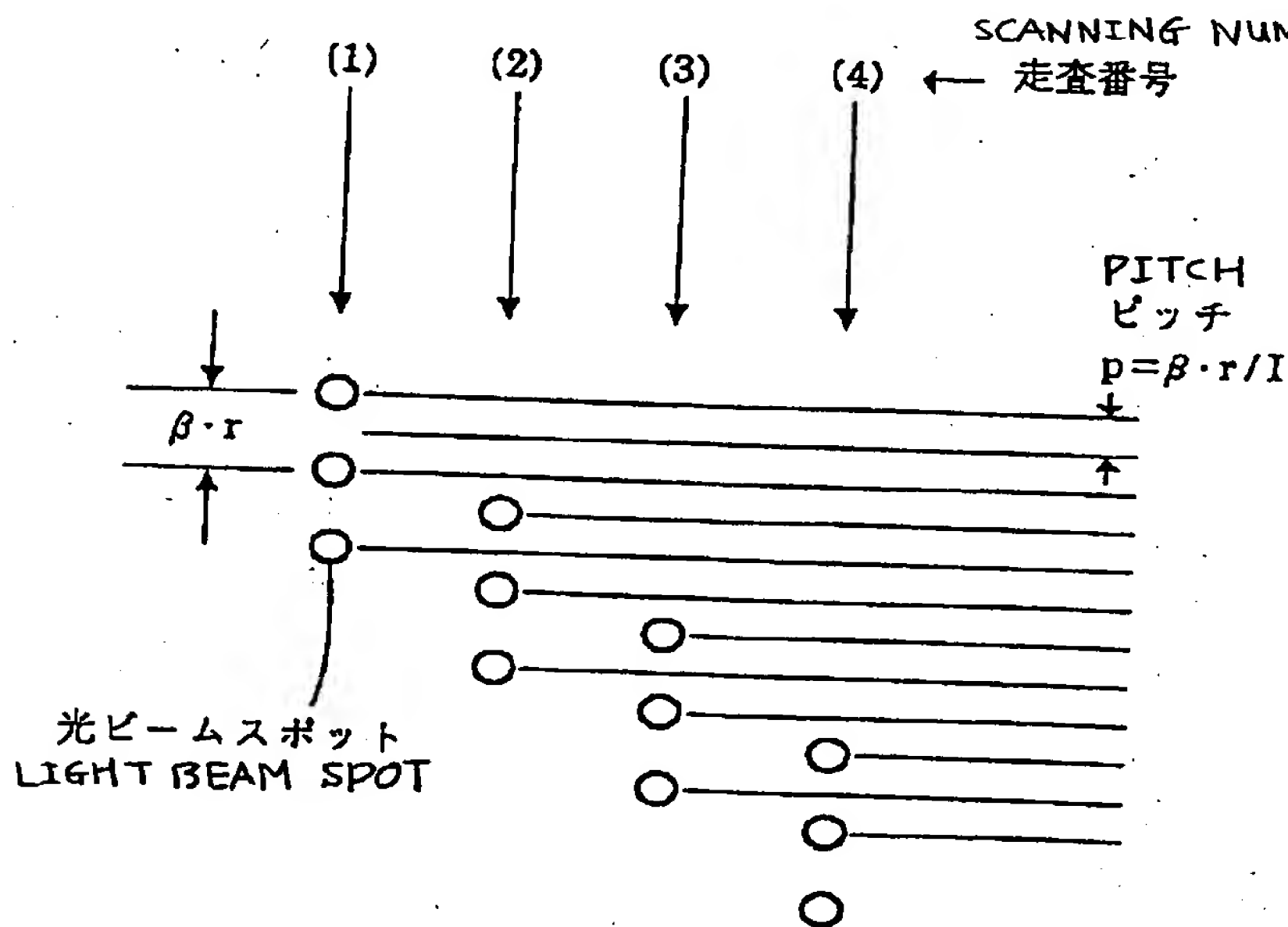
13

スキャナー、5…シリンダリカルレンズ、6…結像 ( $f-\theta$ ) レンズ、7…感光体、8…ポリゴンスキャナーの反射面、10…GaAs基板、11a~c…ボンディングパッド、12…ボンディングワイヤー (Au)、13… $Al_2O_3/2\lambda$  コーティング、14…( $Al_2O_3/4\lambda + Si_1/4\lambda$ ) 3周期コーティング、15…半導体レーザー素子、16…レーザービーム光、1…走査ライン1、12…走査ライン2、13…走査ライン3、 $\theta_1$ …半導体レーザー素子から出射するレーザー光の接合面に平行な方向の拡がり角、 $\theta_2$ …半導体レーザー素子からレーザー光の接合面に垂直な方向の拡がり角、 $L_1$ …レーザー光1、 $L_2$ …レーザー光2、 $p$ …走査ピッチ、 $\Delta p$ …走査ピッチの位置誤差、FWHM…レー

14

ザー光の拡がり角の全角半値幅、 $r$ …半導体レーザー素子の間隔、 $n$ …半導体レーザー素子の数及び対応するレーザービーム光の数、 $I$ …走査次数、 $f_1$ …光学系の光源側の焦点距離、 $f_2$ …光学系の結像面側の焦点距離、 $\beta$ …光学系の横倍率、 $\lambda$ …半導体レーザー素子の発光波長、 $d_r$ …電子写真的スポット径、 $d_o$ …光学的スポット径、 $\delta o$ …単一ビームの時に必要な副走査方向の位置あるいは速度誤差率、 $\delta n$ 、 $m$ …従来技術において半導体レーザー素子  $n$  個整数  $m$  の時に必要な副走査方向の位置あるいは速度誤差率、 $\gamma_{nI}$ …本発明に基づく場合の半導体レーザー素子  $n$  個走査次数  $I$  の時に必要な副走査方向の位置あるいは速度誤差率。

【図1】  
[FIG.1]



NUMBER OF SPOTS: (INTEGER  $3 \leq n$ )  
 スポットの数:  $n$  ( $3 \leq n$  の整数)  
 $I$  と  $n$  は互いに素  
 $2 \leq I \leq n-1$   
 $I$  AND  $n$  ARE PRIME WITH EACH OTHER  
 $2 \leq I \leq n-1$

図 1

【図12】  
[FIG.12]

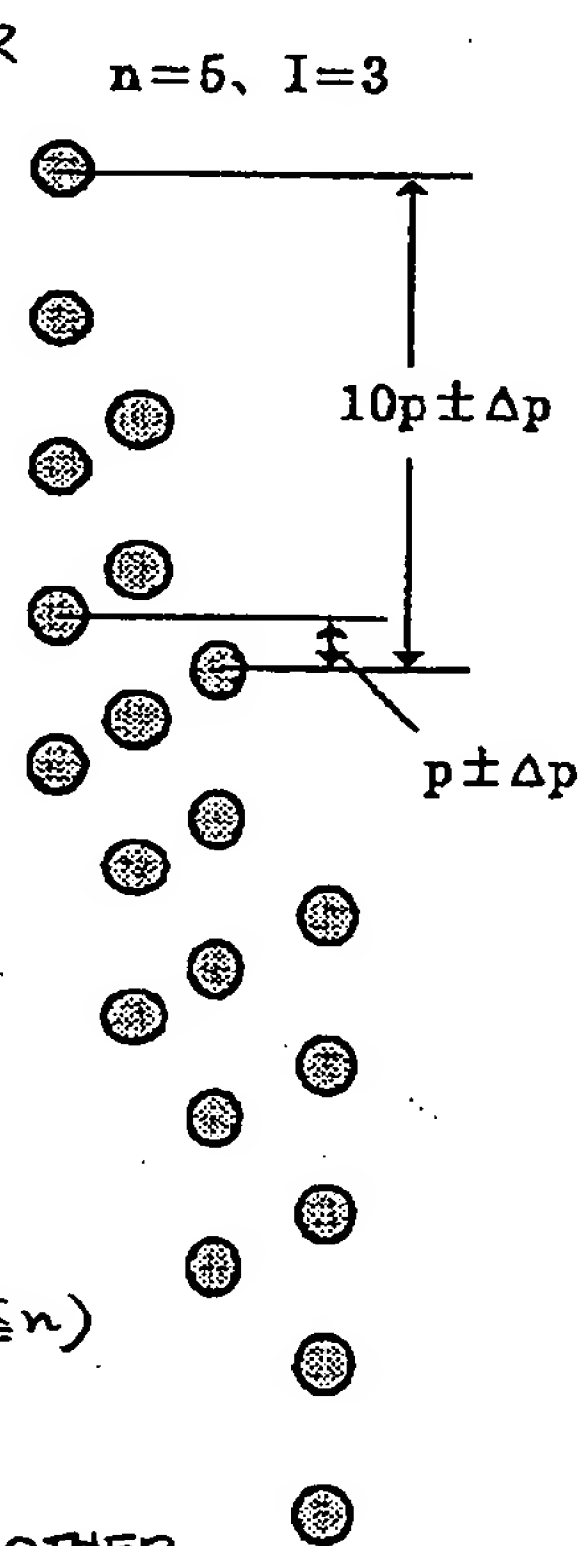


図 1 2

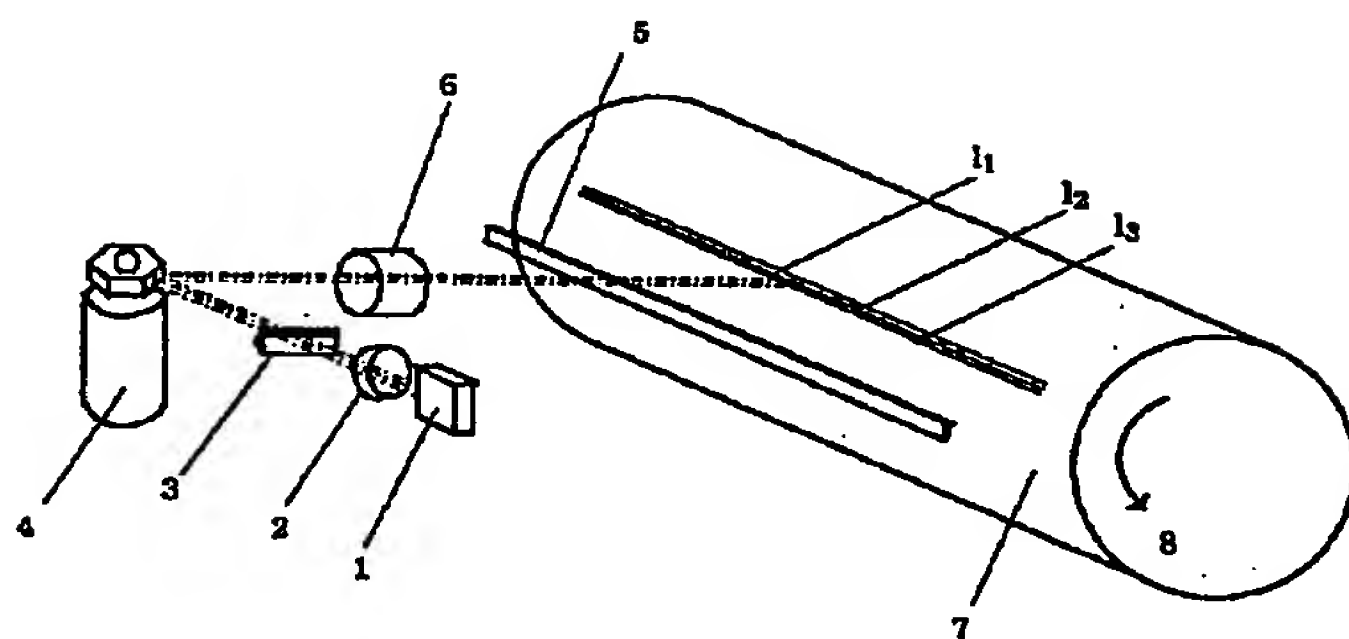
[FIG. 2]  
[図2]

図 2

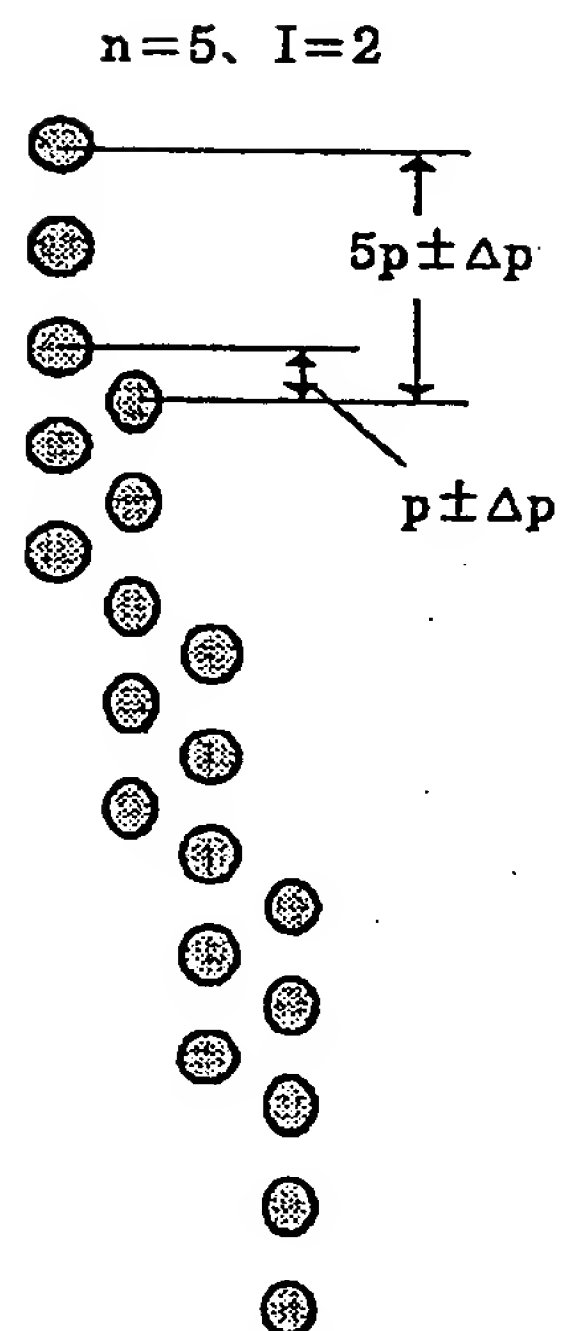
[FIG. 13]  
[図13]

図 13

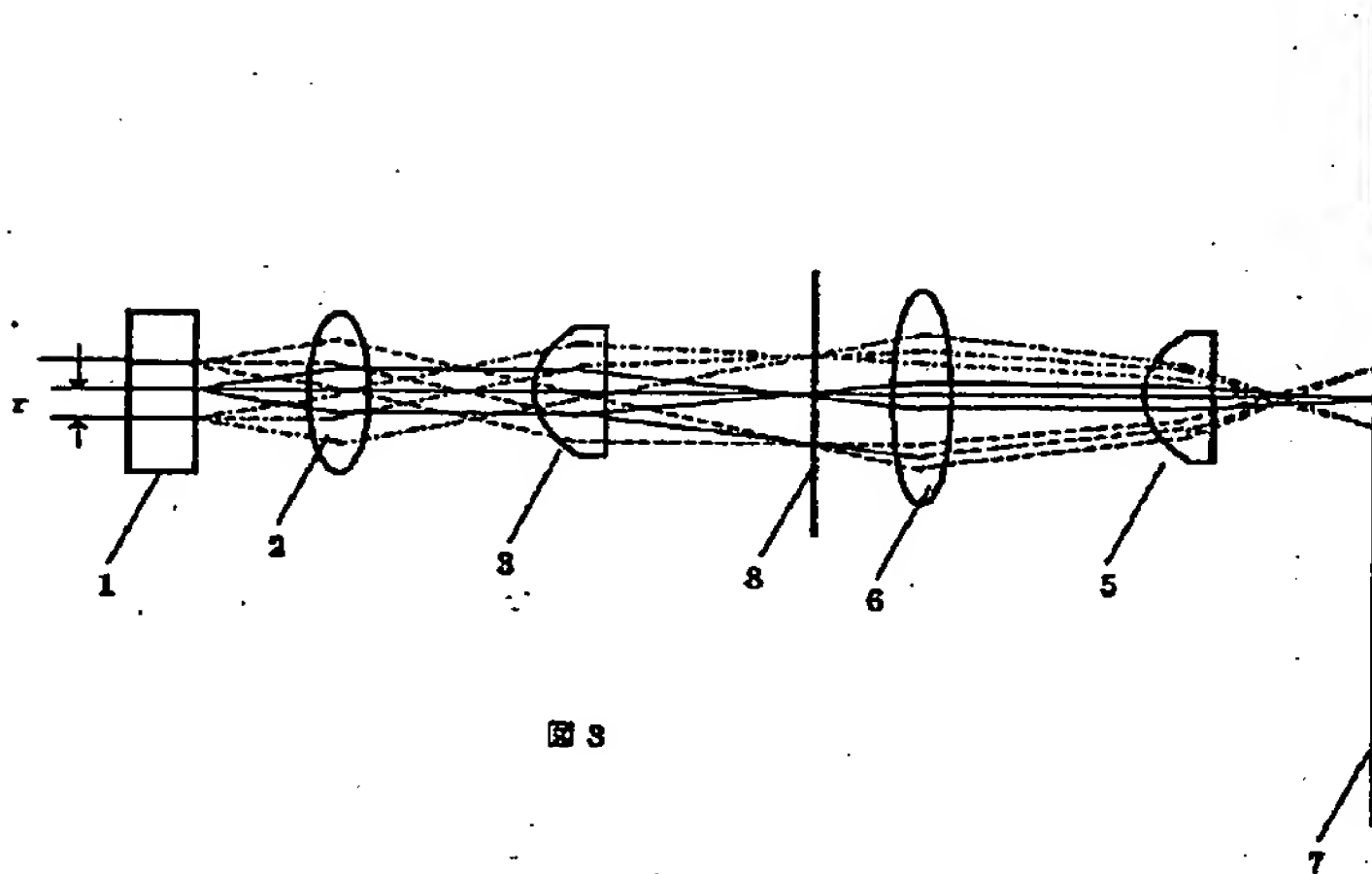
[FIG. 3]  
[図3]

図 3

[FIG. 4]

[図4]

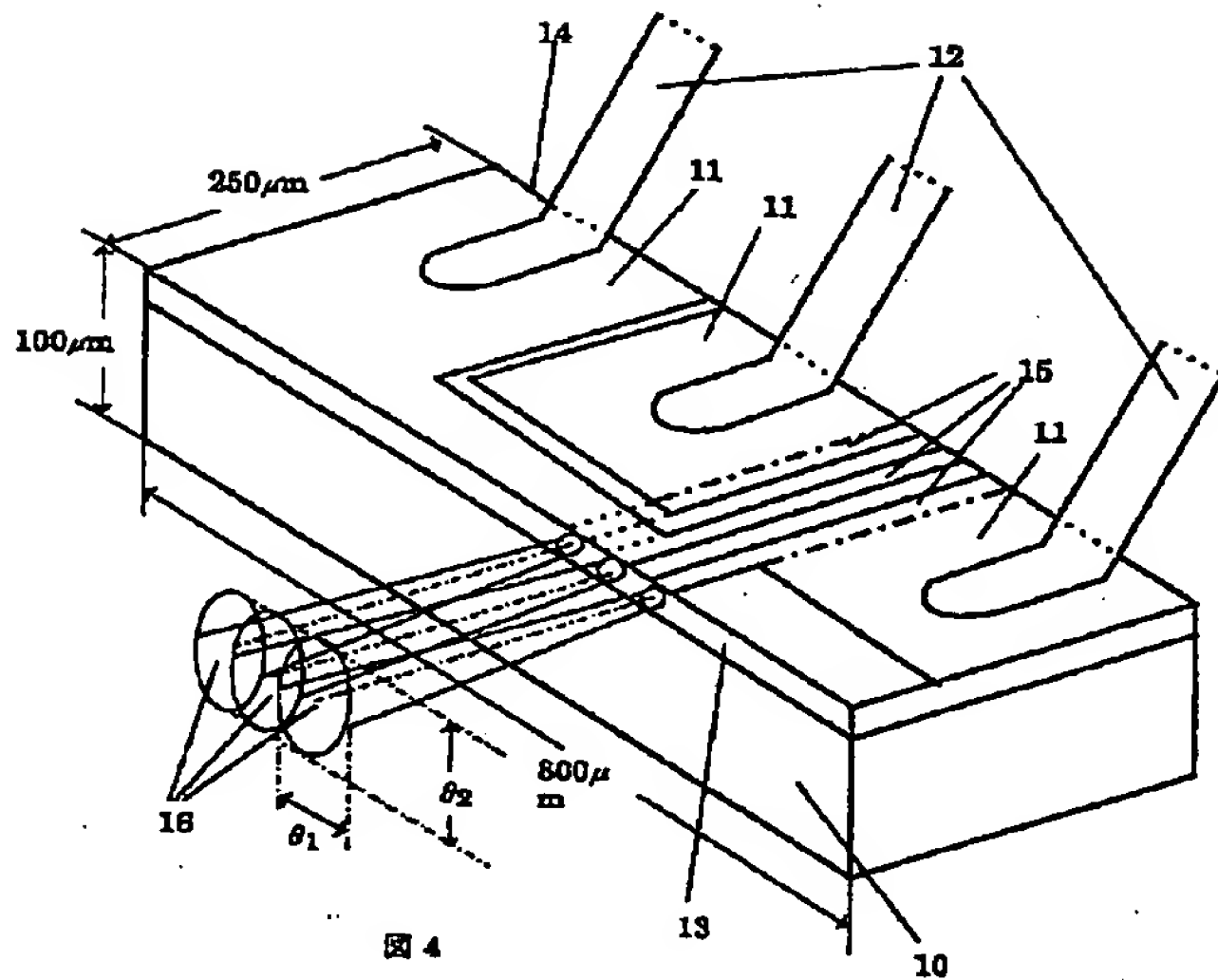


図 4

[FIG. 6]

[図6]

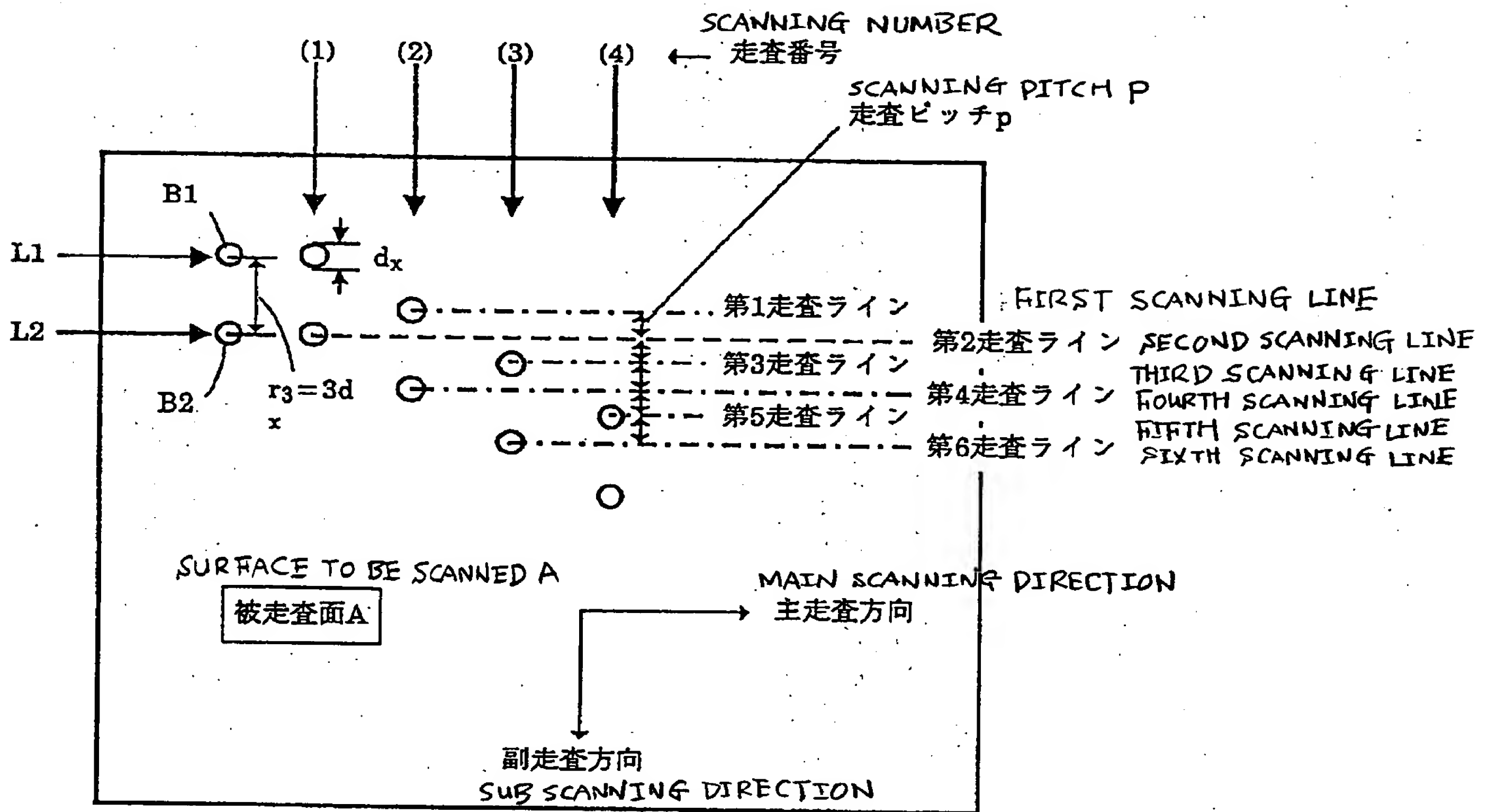


図 6



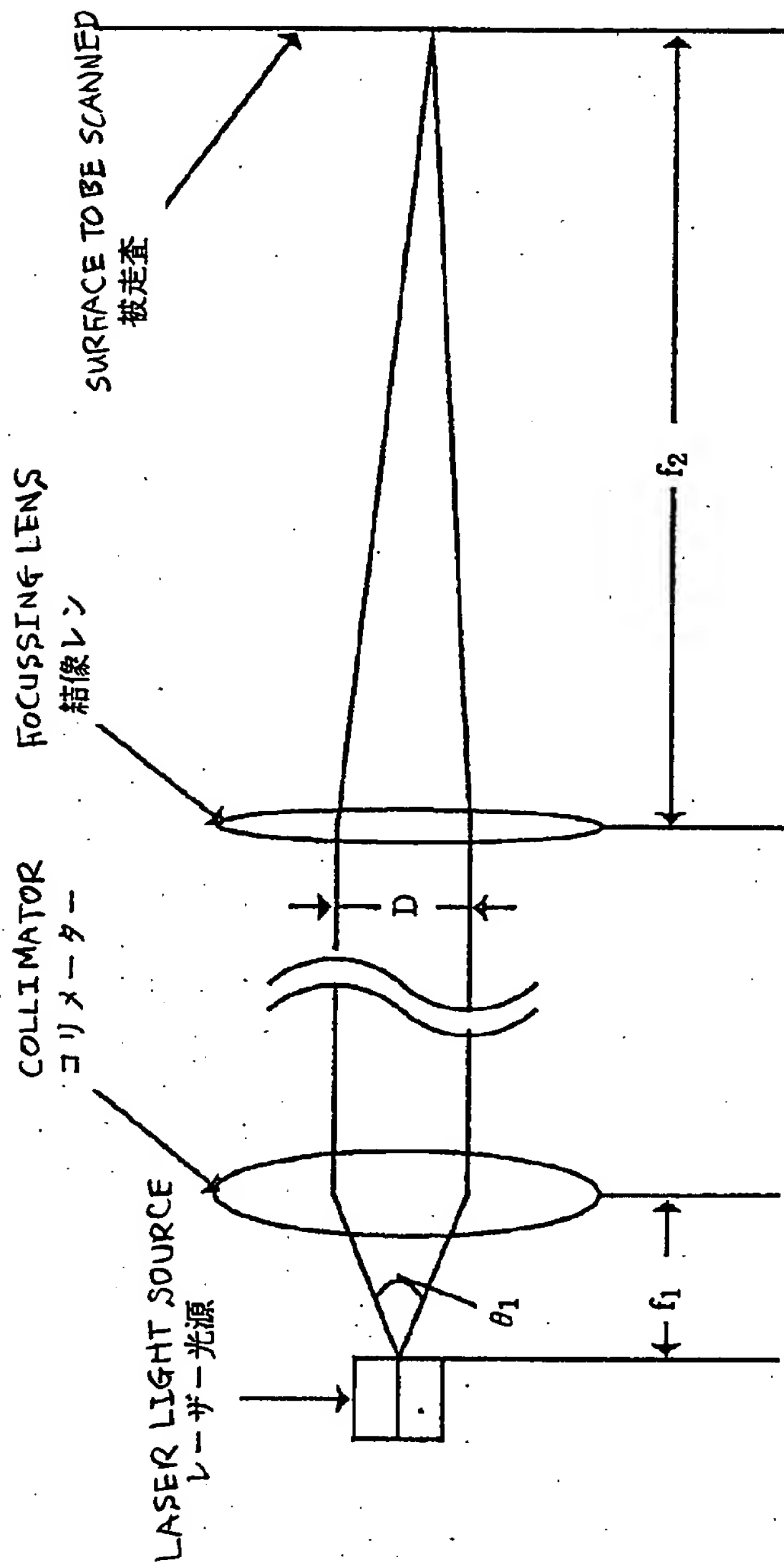
[FIG. 5]  
[図5]

図 5

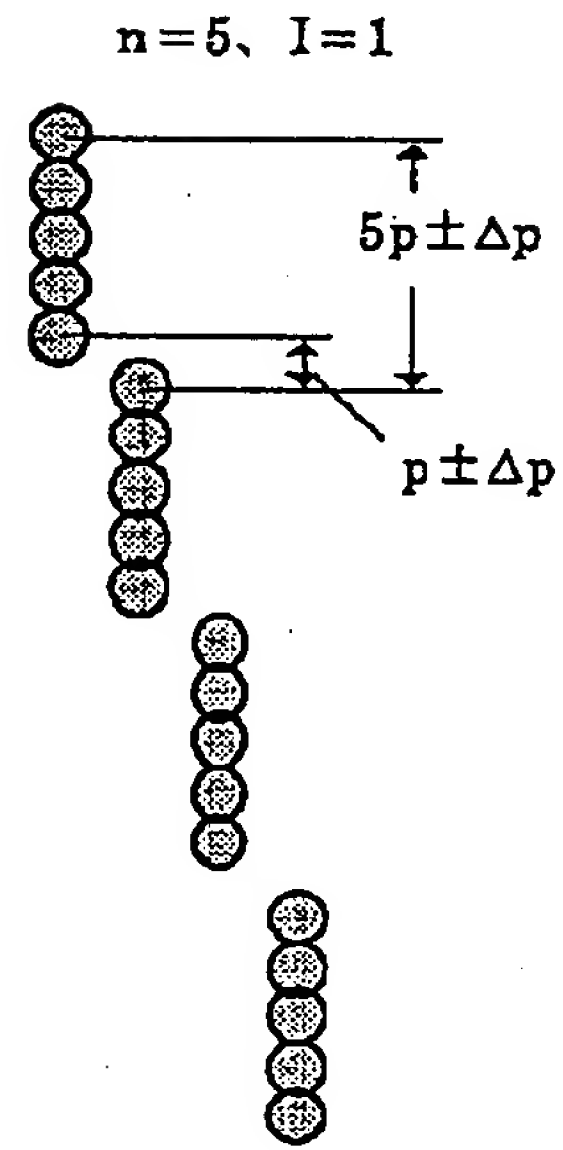
[FIG. 14]  
[図14]

図 1 4

[FIG. 7]

【図7】

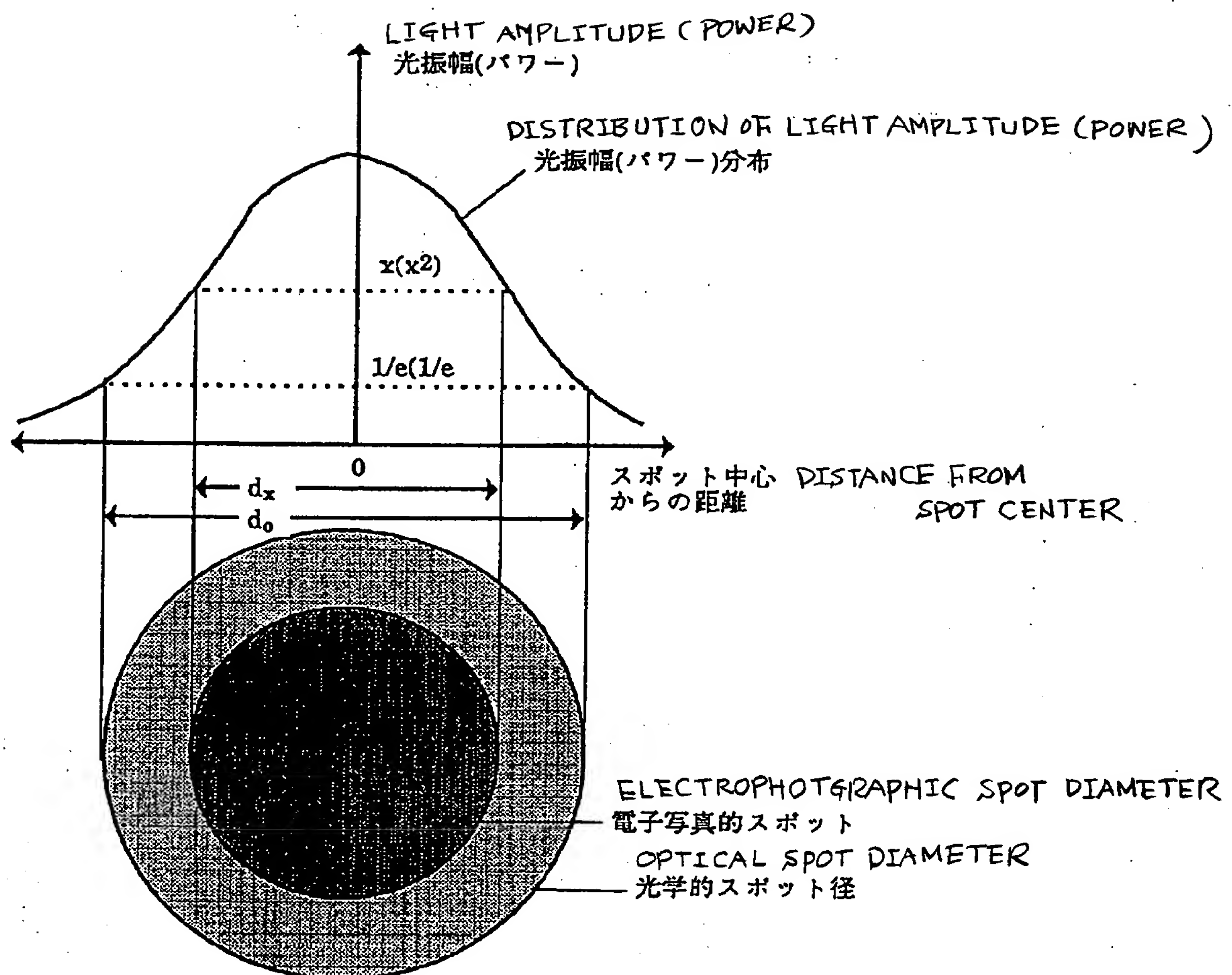


図 7

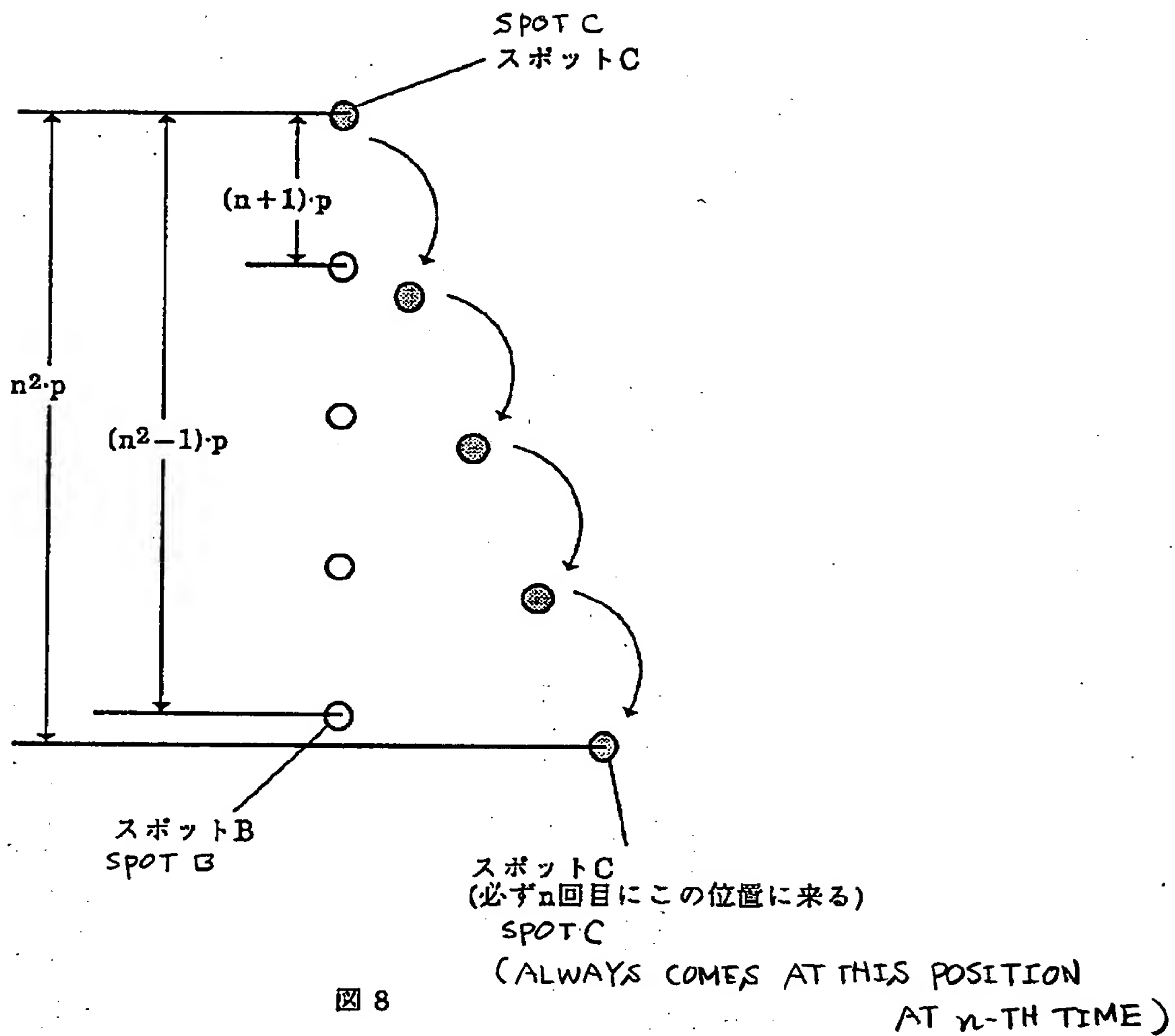
[FIG. 8]  
[図8]

図 8

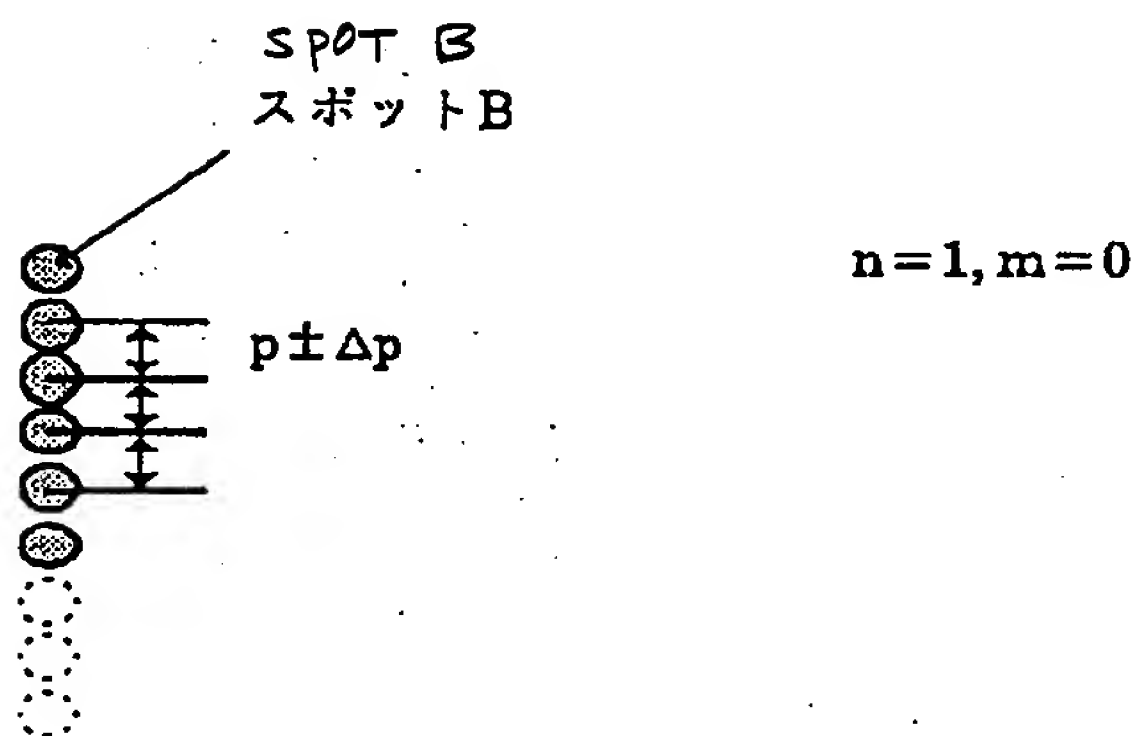
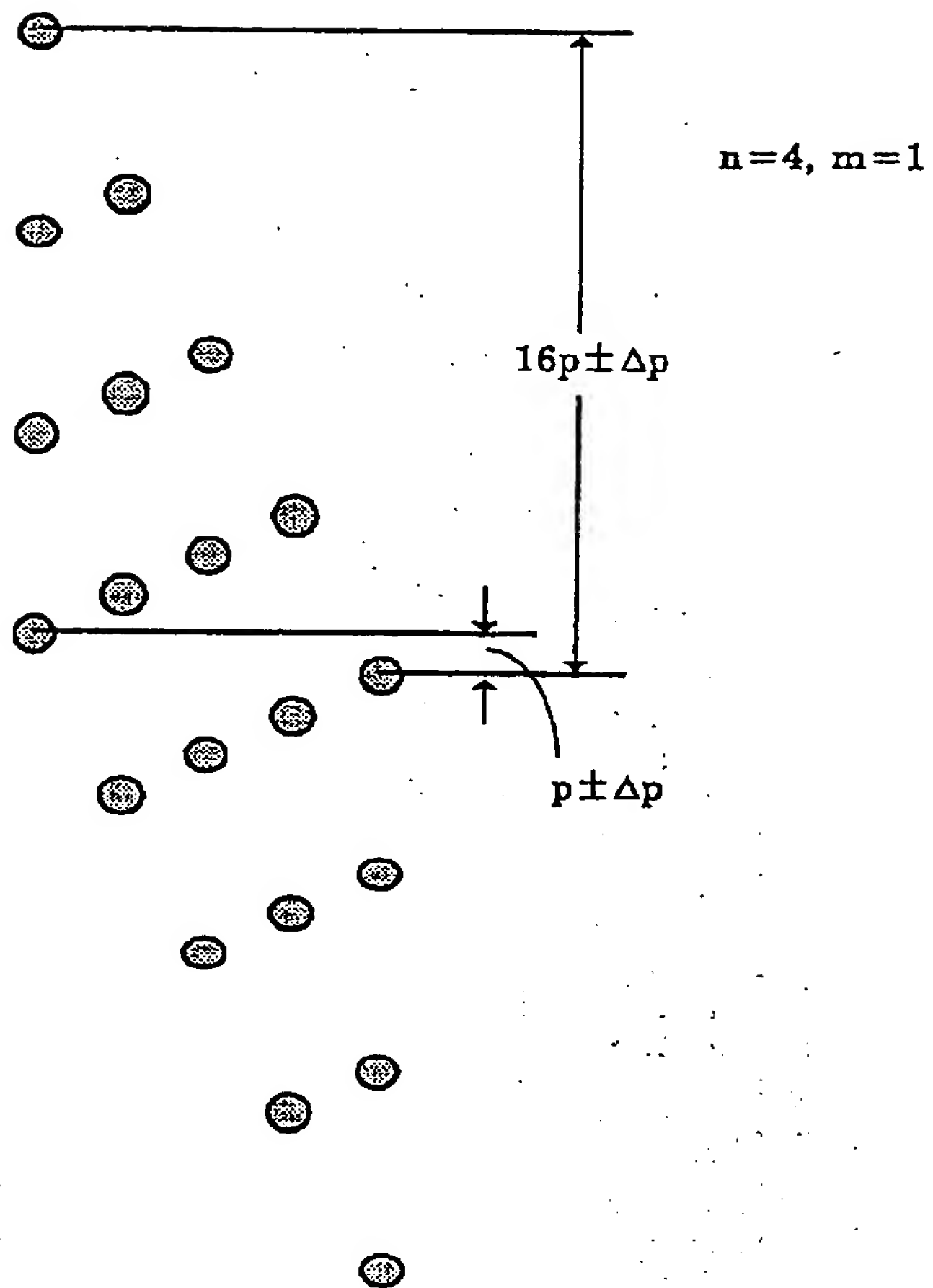
[FIG. 9]  
[図9]

図 9

[Fig. 10]

[図10]



[図10]

[FIG. 11]  
【図11】

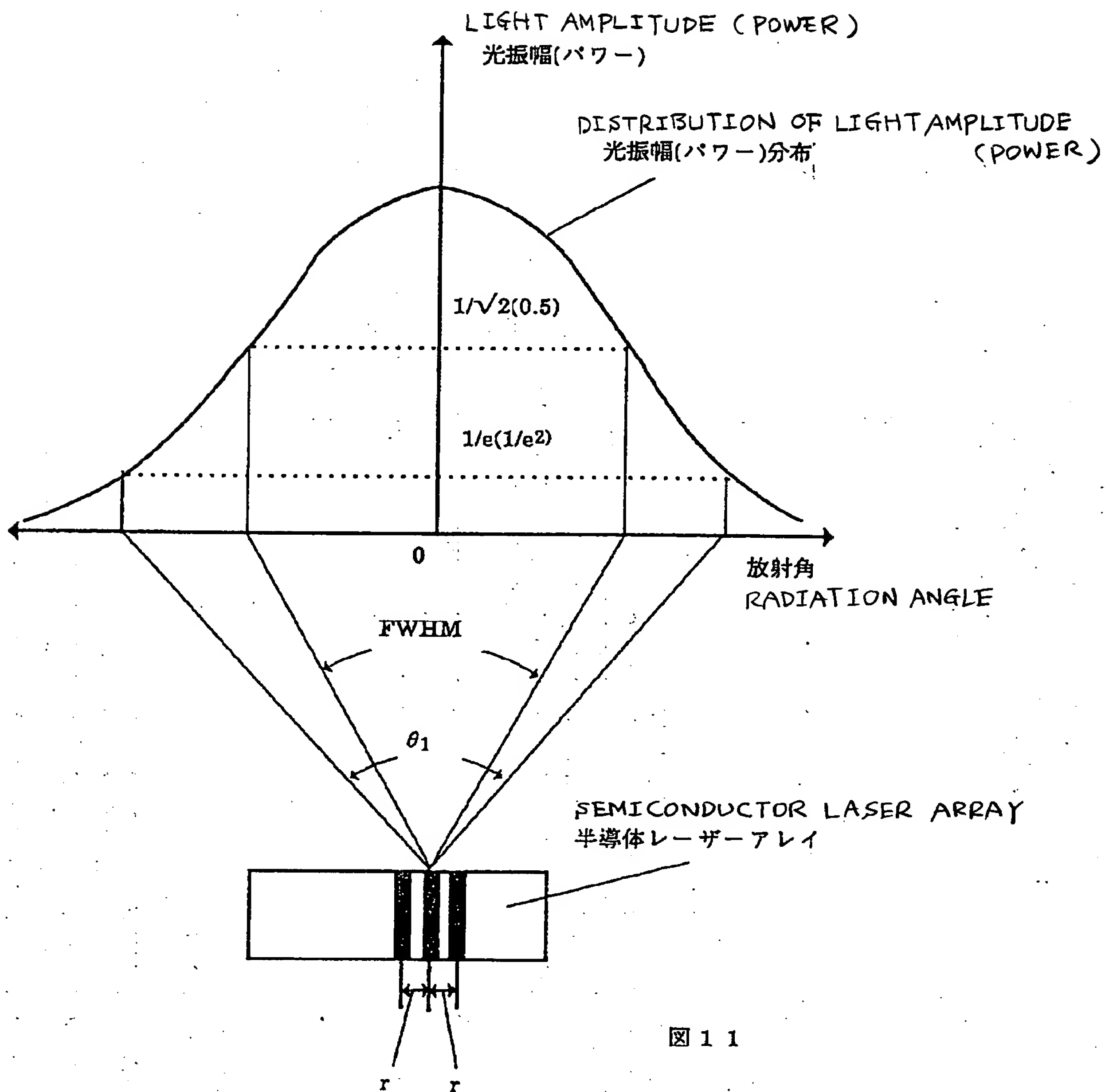
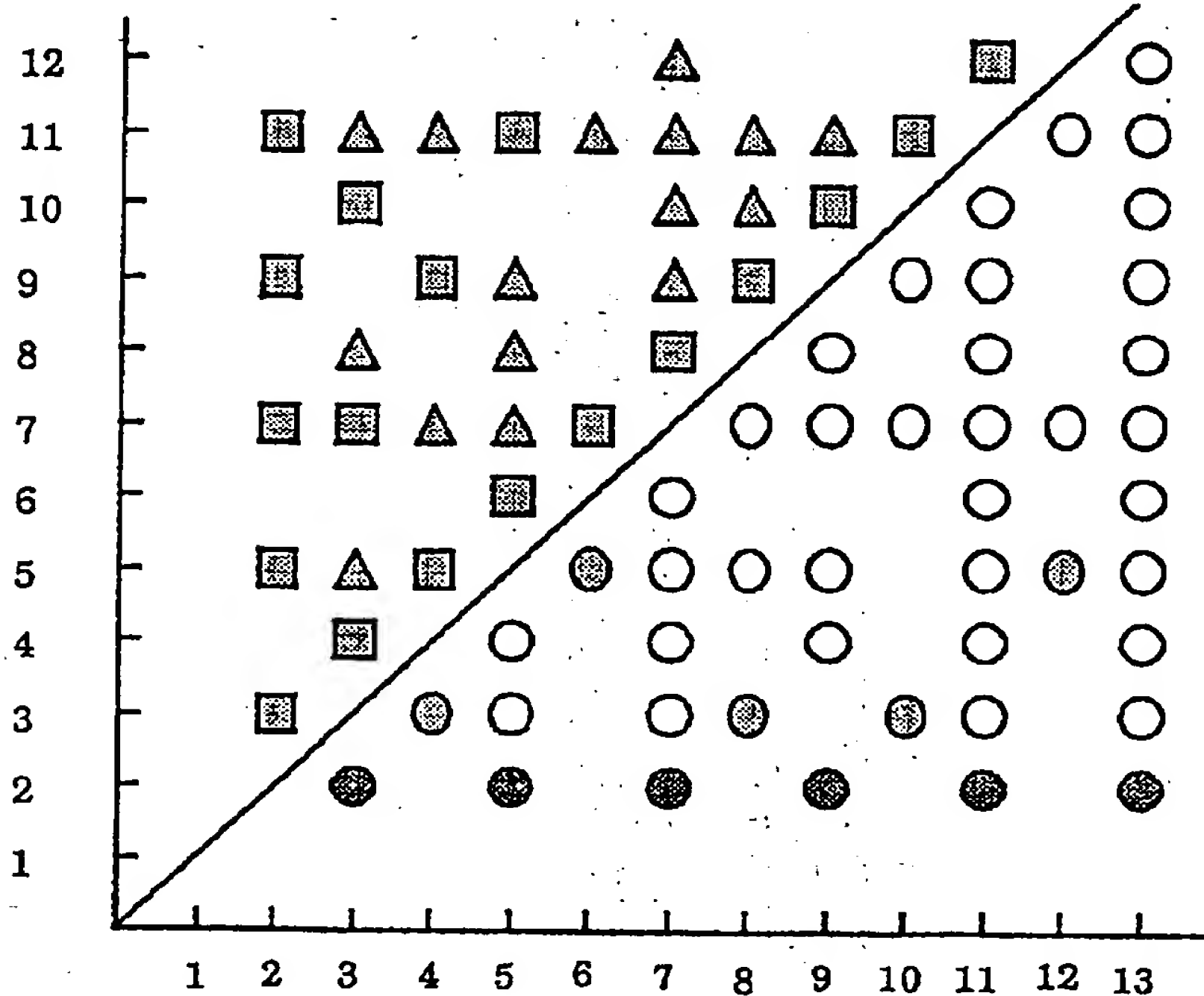


図 1 1

[FIG. 15]

[図15]

SCANNING ORDER: I  
走査次数: ISTRAIGHT LINE OF  $I=n$   
 $I=n$ の直線

レーザービームの数: n NUMBER OF LASER BEAMS: n

- ● ——— 本発明に含まれる(n, I) (n, I) INCLUDED IN INVENTION
- ——— (nが奇数でI=2の場合) (CASE THAT n IS ODD AND I=2)
- ——— (nが偶数でIが最小の場合) (CASE THAT n IS EVEN AND I IS MINIMUM)
- ——— 従来技術(特開昭56-110960)の(n, I) (n, I) OF PRIOR ART (JP LAID-OPEN PUBLICATION NO. 110960/1981)
- △ ——— どちらにも含まれない(n, I) (n, I) INCLUDED IN NEITHER

図 15

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 5

H04N 1/23

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

103 Z 9186-5C